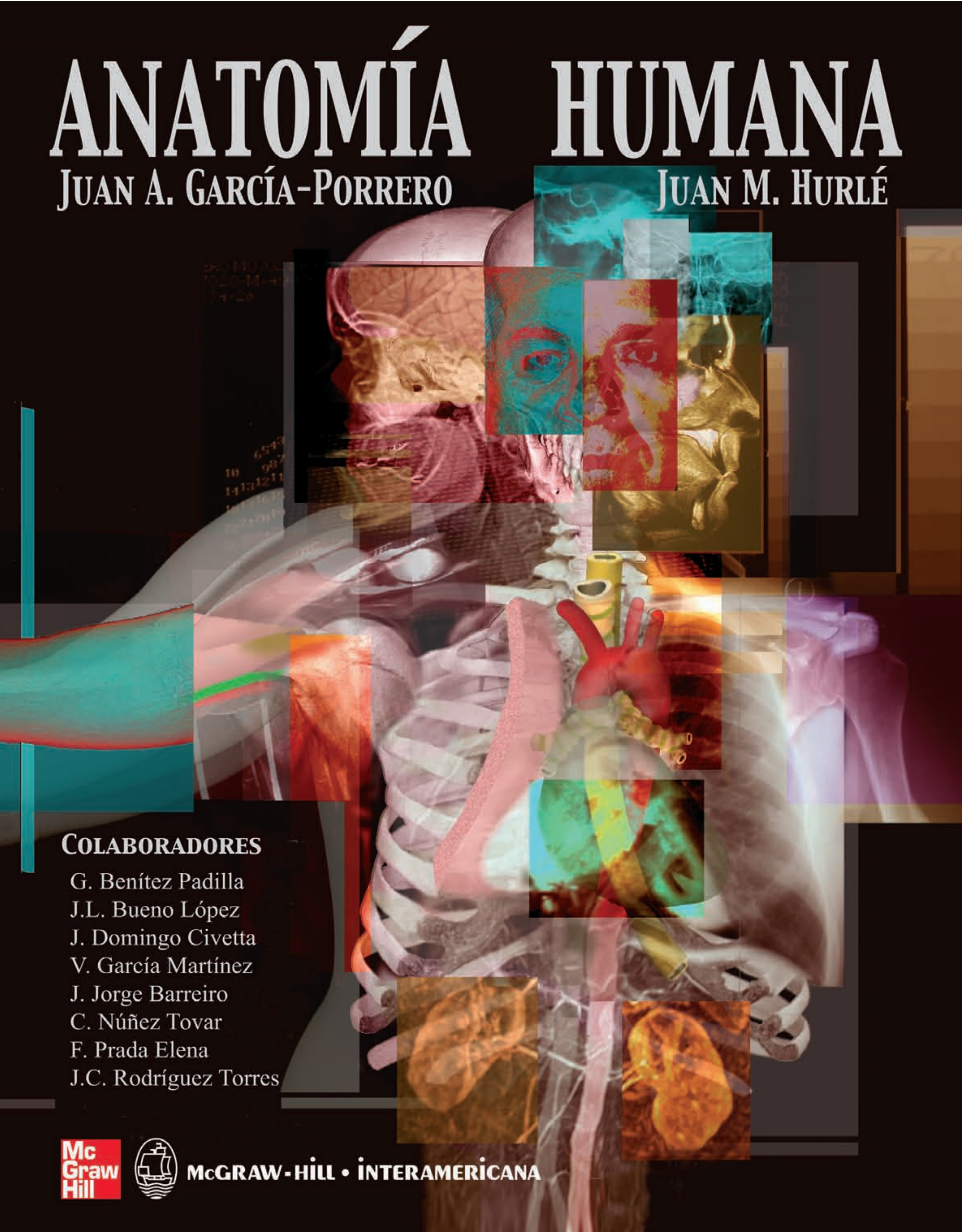


ANATOMÍA HUMANA
JUAN A. GARCÍA-PORRERO
JUAN M. HURLÉ
COLABORADORES
G. Benítez Padilla
J.L. Bueno López
J. Domingo Civetta
V. García Martínez
J. Jorge Barreiro
C. Núñez Tovar
F. Prada Elena
J.C. Rodríguez Torres
Mc Graw Hill
McGRAW-HILL • INTERAMERICANA

ANATOMÍA HUMANA

ANATOMÍA HUMANA

JUAN A. GARCÍA-PORRERO

Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía y Biología Celular
Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria
Santander. España.

JUAN M. HURLÉ

Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía y Biología Celular
Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria
Santander. España.

Ilustraciones
Juan García-Porrero Alonso



McGRAW-HILL • INTERAMERICANA

MADRID • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MÉXICO
NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SANTAFÉ DE BOGOTÁ • SANTIAGO • SÃO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL • NUEVA DELHI • PARÍS
SAN FRANCISCO • SYDNEY • SINGAPUR • ST. LOUIS • TOKIO • TORONTO

ANATOMÍA HUMANA

McGRAW-HILL - INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
Edificio Valrealty
Basauri, 17, 1.ª planta
28023 Aravaca (Madrid)

ISBN: 84-486-0522-5
Depósito legal: M.

Diseño de cubierta: Juan García-Porrero Alonso

Preimpresión: MonoComp, S. A
Impreso en

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

Colaboradores

JESÚS AMBROSIANI FERNÁNDEZ
Ha colaborado en el capítulo de «Órganos de la visión: globo ocular»
Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidad de Sevilla
Sevilla. España.

GREGORIO BENÍTEZ PADILLA
Ha colaborado en el capítulo de «Cráneo»
Profesor Titular de Anatomía Humana
Departamento de Anatomía
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de Mexico
Mexico DF.

JOSÉ LUIS BUENO LÓPEZ
Ha colaborado en el capítulo de «Aparato masticador»
Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Neurociencias
Facultad de Medicina y Odontología
Universidad del País Vasco
Leioa. Vizcaya. España.

ELVIRA COLVÉE BENLLOCH
Ha colaborado en el capítulo de «Aparato Urinario»
Profesora Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía y Biología Celular
Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria
Santander. España.

JULIO DOMINGO CIVETTA
Ha colaborado en el capítulo de «Pulmones y pleuras»
Profesor Titular de Anatomía Humana Normal
Facultad de Medicina
Universidad Nacional del Nordeste
Corrientes. Argentina.

VIRGINIO GARCÍA MARTÍNEZ
Ha colaborado en el capítulo de «Aparato reproductor femenino»
Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidad de Extremadura
Badajoz. España.

MIGUEL A. GARCÍA-PORRERO
Ha colaborado en el capítulo de «Técnicas de imagen del cuerpo humano vivo» y en la preparación del material radiológico
Jefe de Neurorradiología
Profesor Asociado
Hospital Clínico Universitario de Valladolid
Valladolid. España.

FRANCISCO JAVIER JORGE BARREIRO
Ha colaborado en el capítulo de «Órganos de la audición y del equilibrio»
Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidade de Santiago de Compostela
Santiago de Compostela. España.

CASSANDRA NÚÑEZ TOVAR
Ha colaborado en los capítulos de «Lengua» y «Músculos y fascias del cuello»
Profesora de Carrera.
Departamento de Anatomía
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de Mexico
Mexico DF.

FRANCISCO ANDRÉS PRADA ELENA
Ha colaborado en el capítulo de «Órganos de la visión: globo ocular»

Catedrático de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidad de Sevilla
Sevilla. España.

ADELA QUESADA RUIZ
Ha colaborado en el capítulo de «Órganos de la visión: globo ocular»
Profesora Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidad de Sevilla
Sevilla. España.

MAXIMINO QUINTÁNS RODRÍGUEZ
Ha colaborado en el capítulo de «Órganos de la audición y del equilibrio»
Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidade de Santiago de Compostela
Santiago de Compostela. España.

CONCEPCIÓN REBLET LÓPEZ
Ha colaborado en el capítulo de «Aparato masticador»
Profesora Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Neurociencias
Facultad de Medicina y Odontología
Universidad del País Vasco
Leioa. Vizcaya. España.

JAIME CATARINO RODRÍGUEZ TORRES
Ha colaborado en los capítulos de «Articulación de la cadera y de la rodilla»
Ex-jefe de Departamento de Anatomía
Departamento de Anatomía
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, N.L. Mexico.

MARÍA ÁNGELES ROS LASIERRA
Ha colaborado en el capítulo de «Sistema endocrino»
Profesora Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Anatomía y Biología Celular
Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria
Santander. España.

DAMIÁN SÁNCHEZ QUINTANA
Ha colaborado en el capítulo de «Arquitectura del miocardio»
Profesor Titular de Anatomía y Embriología Humana
Departamento de Ciencias Morfológicas
Facultad de Medicina
Universidad de Extremadura
Badajoz. España.

Agradecimientos

Estamos en deuda con nuestros colegas de España, México y Argentina que han aportado su conocimiento y experiencia a la redacción de algunos capítulos; su contribución queda acreditada en la lista de colaboradores.

Algunos colegas médicos han leído y criticado los borradores de capítulos relacionados con su especialidad, aportándonos ideas muy valiosas y comentarios pertinentes. Sea especial nuestro agradecimiento al Dr. Francisco Nistal, al Dr. Jesús Merino, al Dr. Jess Hayden Jr., al Dr. José Manuel Aguirre Urízar, al Dr. Fernando Pérez Cerdá y al Dr. Constancio González.

Expresamos nuestro reconocimiento al Dr. Agustín Gutiérrez y al Dr. Nacho Ortúzar por las imágenes radiológicas que nos han proporcionado; de manera muy singular, agradecemos a la Dra. Ana Canga la alta calidad de la documentación gráfica de resonancia magnética que nos ha aportado y, también, el tiempo que nos ha dedicado para su selección.

El grupo de colegas histólogos de nuestra Facultad de Medicina, formado por el Dr. Miguel Lafarga, la Dra. María Teresa Berciano, el Dr. Dámaso Crespo y el Dr. Juan Villegas, ha sido extremadamente generoso con nosotros cediéndonos preparaciones de su colección docente; de forma señalada, estamos en deuda con la Dra. María Teresa Berciano por su interés y extremo cuidado en la selección de imágenes.

También son significativas las aportaciones gráficas de cuadros clínicos con base anatómica que nos han cedido el Dr. José Angel Berciano y el Dr. Alfonso Borragán. De igual modo, no olvidamos la contribución de D. Luis Norberto Diego Ruiz al capítulo de Piel y anejos cutáneos.

Queremos dedicar un agradecimiento especial a los compañeros de laboratorio, estudiantes, amigos y familiares que, desinteresadamente, han posado para nosotros permitiéndonos hacer algunos esquemas combinados de dibujo y fotografía que consideramos constituyen una aportación singular de este texto. Nuestra gratitud, también, para todos los compañeros de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria que nos han facilitado la utilización de sus equipos para la realización de imágenes.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Editorial McGraw-Hill/Interamericana por la confianza que depositó en nosotros para la elaboración de este libro, y por su cuidada edición.

Muy especialmente, queremos agradecer a nuestra editora, Rosario Femenía, su entusiasmo, tesón y profesionalidad, que han sido determinantes para llevar a cabo esta obra.

Por último, pero no el último, deseamos reconocer la labor artística de nuestro dibujante, que constituye una pieza esencial de esta obra y que, sin duda, será apreciada por todos aquellos que se acerquen al estudio de la anatomía a través de este texto.

JUAN A. GARCÍA-PORRERO
JUAN M. HURLÉ

Prólogo

Los autores de este ***magnífico*** y ***moderno*** libro de «***Anatomía Humana***» me solicitan que escriba un prólogo para él. Lo hago con gusto porque conozco muy bien a los Profesores García-Porrero y Hurlé.

Son dos relevantes científicos que, además, están dotados de excelentes dotes ***pedagógicas***. Sus lecciones de Anatomía son ***profundas*** y ***claras*** a la vez. Pero a ello hay que añadir su ***interés*** por la investigación científica, interés que se pone de manifiesto en sus numerosos trabajos sobre diferentes problemas de la Morfología actual. En resumen: **excelentes pedagogos** y no menos excelentes creadores de Ciencia. Ambas cualidades son atributos esenciales de todo ***buen profesor*** de Universidad y ***ellos lo son***.

Por eso, no es de extrañar que su libro de Anatomía Humana sea ***sencillamente excelente***. Quiero decir ***sencillo de leer*** y, no obstante, lleno de ***sabiduría anatómica***. Además, las ***ilustraciones*** son ***bellísimas*** y ***fieles*** a la ***configuración*** y ***estructuración*** del cuerpo humano.

Por todo ello, doy la ***enhorabuena*** a sus autores, y a la Editorial McGraw-Hill · Interamericana por la edición tan cuidada y atractiva de la obra. Como indica uno de sus nombres, la Editorial es una verdadera «***colina***» del conocimiento anatómico y de otros saberes.

En resumen, ***me siento feliz porque dos*** de ***mis discípulos preferidos*** han escrito este ***impresionante*** libro de Anatomía Humana.

Pedro Gómez Bosque
Catedrático Emérito de Anatomía Humana
de la Universidad de Valladolid.

Presentación

¿Un nuevo libro de Anatomía humana en el siglo XXI? La respuesta es la obra que presentamos. Nuestro propósito ha sido, a la luz de la actual organización de los conocimientos médicos y biológicos y de los revolucionarios avances en técnicas de imagen, volver a pensar en los conceptos esenciales sobre la forma y la estructura del cuerpo humano y tratar de exponerlos de una forma sistematizada y clara, eliminando las descripciones tediosas o excesivas, sin renunciar a ofrecer al lector una visión completa y actualizada de la anatomía. En esta ciencia, como en todas, resulta difícil, incluso pretencioso, atreverse a diferenciar lo útil de lo obsoleto. Detalles anatómicos que hace cincuenta años parecían irrelevantes han adquirido, en manos de los especialistas, médicos o cirujanos, un valor del que carecían. Además, gran parte de las estructuras del cuerpo humano ya no son únicamente visibles en la sala de disección o en la mesa del quirófano. El médico dispone en la actualidad de una gran variedad de técnicas incruentas que permiten contemplar detalles sorprendentes del interior del cuerpo humano, inimaginables hace pocas décadas. Más que nunca se ha hecho hoy realidad que la anatomía es el estudio de las formas en el sujeto vivo.

Existen diversos criterios conceptuales y metodológicos para exponer la Anatomía humana. Casi todos se han ensayado. Algunos son tan personales que sólo son válidos para el autor. Nosotros hemos elegido un doble criterio: en primer lugar, y como desarrollo general de la obra, seguimos un procedimiento de análisis sistemático en el estudio de los componentes del cuerpo humano; en segundo lugar, y como colofón, realizamos una síntesis topográfica del mismo.

La exposición de la anatomía por aparatos y sistemas es, precisamente, el mejor reconocimiento de que el estudio del cuerpo humano debe hacerse con criterios funcionales. Exponer en conjunto, y no por partes regionales, los órganos al servicio de la digestión dentro del aparato digestivo, los que están al servicio de la formación y la eliminación de la orina dentro del aparato urinario... e incorporar a la descripción de las formas y estructuras anatómicas los aspectos que permitan comprender su fisiología es hacer anatomía funcional. ¿Cómo comprender hoy la unidad funcional del sistema inmunitario si no es estudiando en conjunto la médula ósea, el timo, el bazo, los ganglios linfáticos o las formaciones linfoides de las mucosas y de la piel? El desarrollo de las especialidades médicas se basa, fundamentalmente, en la separación del organismo por aparatos y sistemas. Por otra parte, una exposición de la anatomía con un criterio exclusivamente funcional haría ininteligibles muchos conceptos de organización espacial de las estructuras de los seres vivos, además de obligar a múltiples repeticiones, que hemos tratado de evitar en esta obra.

El criterio topográfico es también esencial para un médico. A nuestro modo de ver, la topografía debe ser una síntesis de ordenación espacial —sin descripciones repetitivas— de las estructuras que, perteneciendo a muy diferentes aparatos o sistemas, ocupan una región determinada en el cuerpo humano. Las relaciones topográficas del estómago sólo se comprenden bien una vez que el estudiante conoce dónde están el páncreas, el bazo, el diafragma, el omento menor, el tronco celíaco o el nervio vago. En esta obra, siempre que ha sido posible, se analizan las relaciones topográficas de los órganos en conjunto dentro de las diferentes regiones o espacios corporales.

Nuestra obra está dirigida a los estudiantes de Medicina que necesitan, de manera imprescindible, comenzar a comprender el complejo laberinto de estructuras que conforman el ser humano, y a todos los médicos que requieran, en un momento dado, actualizar sus conocimientos anatómicos. Hemos considerado que la anatomía debe orientarse de modo que pueda ser aplicada a la práctica clínica. En todos los capítulos se han seleccionado comentarios sobre enfermedades o lesiones que afectan a las estructuras que se describen, ya sea por su interés médico o quirúrgico. En algunos temas, se enfatiza al comienzo el interés de conocer bien determinado órgano, dada la fre-

cuencia o repercusión de sus enfermedades. En general, se han intercalado estos comentarios dentro de las descripciones anatómicas; el objetivo ha sido tratar de captar la atención del lector sobre la relevancia de la estructura que está estudiando, cuya mera descripción podría parecerle, en principio, tediosa o de poco interés. Todos los comentarios de aplicación clínica son eso, comentarios; en ningún caso pretenden ser pequeños estudios de medicina o de cirugía. Ya llegará ese momento para el estudiante; ahora debe aprender la anatomía y ésta, captar su interés como futuro médico.

Creemos que la anatomía ocupa un lugar central para comprender la biología de los seres vivos; en este contexto, el ser humano, además de ser el objeto de nuestro interés como médicos, no deja de ser un mamífero especializado. Hemos incluido algunos comentarios evolutivos de modo que, sin hacer excesivamente extensa la obra, faciliten al estudiante la adquisición de una visión biológica de los seres humanos más amplia que la estrictamente necesaria para el ejercicio de la medicina. Desde este punto de vista podría parecer paradójico que se haya excluido la Embriología del texto. La razón de esta exclusión estriba en que, en los tiempos actuales, el conocimiento de la génesis de las formas ha adquirido un lugar singular dentro de las ciencias biomédicas. Su estudio, a nuestro juicio, requiere ser abordado como una Biología del Desarrollo en la que, de una manera integral, la morfología se complemente con sus fundamentos moleculares, lo que justifica sobradamente la elaboración de una obra independiente.

Uno de los problemas clave que se genera al estudiar la forma y la estructura de los seres vivos es determinar de dónde partir y dónde terminar en las descripciones. Hemos hecho un intento de acercar al alumno desde el nivel macroscópico al celular con el fin de conseguir que comprenda de modo integrado la función de los órganos. No obstante, hemos evitado aspectos microscópicos, como los relacionados con la arquitectura de los órganos y tejidos, que son objeto directo de la Histología. Queremos que la lectura de este libro sirva al estudiante de puente a otras disciplinas, como la Fisiología y la Histología, facilitando una comprensión más integral del cuerpo humano.

En la obra se ha excluido el estudio del sistema nervioso central. La razón ha sido de índole más práctica que conceptual. Esta materia se explica en muchas Facultades de Medicina como una asignatura independiente, y constituye también una disciplina en otros estudios. Nuestra intención es ofrecer en un futuro inmediato un volumen independiente de Neuroanatomía —ya en preparación— que complemente este texto y pueda ser útil a estudiantes de otras especialidades científicas no médicas que se interesen por la Neurociencia.

Las ilustraciones ocupan una posición central en un tratado de Anatomía. Entre las diferentes formas de ilustrar el texto, hemos elegido dibujos esquemáticos a todo color, tratando de eliminar lo accesorio en la descripción y resaltando aquello que facilita su comprensión. Cuando se consideró necesario, hemos incluido fotografías de disecciones o del individuo vivo. Además, se han elegido cuidadosamente un número significativo de imágenes utilizadas en la medicina práctica para el estudio de los pacientes (radiografías convencionales, tomografía axial computarizada, resonancia magnética o endoscopia), con el fin de habituar y formar al estudiante en su interpretación.

La elección de la terminología anatómica sigue siendo un aspecto polémico en los textos de anatomía. No podemos olvidar, que las sociedades anatómicas mundiales han creado una Nómina Anatómica Internacional que se mantiene en permanente revisión. Dado que dicha nómina se establece en lengua latina, parece natural ofrecérsela al estudiante traducida a su lengua vernácula. Hemos utilizado como referencia a lo largo de nuestro texto las traducciones del latín publicadas por la Sociedad Anatómica Española bajo los auspicios del Comité Federal sobre Terminología Anatómica (FCAT). No obstante, se han incluido nombres de uso habitual en España y en Hispanoamérica, así como algunos epónimos, cuando su utilización es habitual entre los médicos en ejercicio. Creemos relevante que el estudiante de medicina tenga fácil acceso a la información sobre quiénes han construido el conocimiento anatómico a lo largo de la Historia. Por ello, hemos añadido unas escuetas notas de filiación histórica de los autores más clásicos. Sin embargo, hemos eliminado todas las referencias bibliográficas, porque entendemos que no proceden en una obra de esta naturaleza, y somos conscientes de que en la actualidad el lector dispone de una ayuda mucho más eficaz mediante la consulta en las bases de datos accesibles a través de internet. Por otro lado, nos ha parecido interesante incluir comentarios sobre la etimología de algunos términos que ayuden a comprender el origen y el significado de las palabras que el estudiante está aprendiendo. El conocimiento, por muy técnico que sea, o precisamente por ello, no debe aislarse de las raíces culturales en las que se ha engendrado.

Por encima de todo hemos procurado que la lectura de esta obra se haga amena y fluida. Las imágenes has sido intercaladas en el texto de modo que las descripciones estén próximas a sus correspondientes ilustraciones. La redacción se ha descompuesto en bloques con letra de tres tamaños diferentes. Los aspectos básicos de la anatomía aparecen en un tamaño de letra regular. Los datos de aplicación clínica se han reproducido en letra más pequeña con un fino marco que los singulariza del resto del texto. Finalmente, en letra pequeña sin enmarcar, se han señalado aquellos datos de detalle o complementarios de las descripciones anatómicas, generalmente de tipo funcional o evolutivo, que nos han parecido más relevantes. Pensamos que de esta manera, al estudiante le resultará más fácil y entretenido el estudio de la Anatomía humana.

JUAN A. GARCÍA-PORRERO
JUAN M. HURLÉ

Contenido

SECCIÓN IV

APARATO DIGESTIVO

SECCIÓN V

APARATO RESPIRATORIO

SECCIÓN VI

APARATO URINARIO

SECCIÓN VII

APARATO REPRODUCTOR

SECCIÓN VIII

SISTEMA INMUNITARIO

SECCIÓN IX

SISTEMA ENDOCRINO

SECCIÓN X

APARATO CIRCULATORIO

SECCIÓN XI
SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

SECCIÓN XII
ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

SECCIÓN XIII
SÍNTESIS TOPOGRÁFICA

SECCIÓN I

INTRODUCCIÓN A LA ANATOMÍA

CAPÍTULO 1

Introducción a la anatomía

CONCEPTO DE ANATOMÍA
ORGANIZACIÓN GENERAL DEL CUERPO HUMANO
TERMINOLOGÍA ANATÓMICA
TÉCNICAS DE ESTUDIO

CONCEPTO DE ANATOMÍA

La anatomía humana es la ciencia que estudia la **forma y la estructura del cuerpo humano**. El término anatomía es muy antiguo. Deriva del griego *anatémnein* (*ana-tomos*), que quiere decir cortar a través, significado que se asimila a la palabra disecar (del latín *dissecare*, cortar). En sus orígenes y durante mucho tiempo, la anatomía se basó únicamente en la disección del cadáver. Sin embargo, la anatomía debe estar orientada hacia el sujeto vivo, hacia la comprensión de las formas y estructuras del organismo vivo. Por eso, las modernas técnicas de imagen, que permiten contemplar el interior del cuerpo humano sin necesidad de abrirlo, constituyen instrumentos valiosos para el estudio de la anatomía.

Según el método que se utilice, la anatomía puede ser descriptiva, topográfica, funcional y causal.

La **anatomía descriptiva** muestra cómo es la forma y la estructura de las partes del organismo. La **anatomía topográfica** o **regional** divide el cuerpo en unidades imaginarias y convencionales con objeto de establecer las relaciones espaciales de las distintas estructuras. La **anatomía funcional** busca la correlación existente entre la formas del organismo y las funciones que realizan. Es el intento de captar la unidad entre los dos modos con las que la realidad de la materia viva se presenta a nuestros sentidos: forma y función. Al ser funcional, la anatomía establece nexos de unión con otras disciplinas como la fisiología o la biología molecular. La **anatomía causal** indaga cómo se han originado las formas de los organismos, estudiando el desarrollo individual (**anatomía del desarrollo**) o de las especies (**anatomía evolutiva filogenética**).

La anatomía humana que debe aprender el estudiante de medicina y de otras ciencias de la salud, debe estar orientada a la práctica clínica. La **anatomía clínica** destaca los datos anatómicos útiles para comprender la enfermedad y para explorar y tratar correctamente a los pacientes. La aplicación médica de la anatomía es de extraordinaria importancia. El objetivo de la anatomía clínica se logra cuando el estudiante sabe, por ejemplo, las estructuras que palpa con sus manos en un paciente, dónde poner el *fonendoscopio* para auscultar las válvulas cardiacas, reconocer el interior de la laringe con un *laringoscopio*, orientarse adecuadamente en una radiografía, o deducir con su imaginación los órganos que pueden estar lesionados cuando un sujeto ha sufrido una herida de bala que sigue una determinada trayectoria. Pero, además, y de forma primordial, cuando sabe explicar las consecuencias que provoca la lesión de una estructura anatómica determinada (un nervio, una arteria, etc.).

Uno de los rasgos esenciales de las formas vivas es la variabilidad. No hay dos individuos, ni dos órganos, exactamente iguales. Por la constitución, la edad, la raza y otros factores, los organismos humanos ofrecen variaciones como los de cualquier otra especie. Para describir el cuerpo humano, la anatomía realiza una abstracción morfológica y define un **tipo humano** ideal, un patrón general de las formas y las estructuras. Este tipo humano se considera la norma, es decir, lo estadísticamente más frecuente. Las desviaciones de las formas tipo son las **variaciones**, las **anomalías** y las **malformaciones**. Las variacio-

nes y las anomalías no alteran la función y, generalmente, carecen de importancia para el correcto funcionamiento del organismo. Por el contrario, las malformaciones sí alteran la función. Las variaciones se diferencian de las anomalías en que las primeras son estadísticamente previsibles, mientras que las segundas no lo son. La existencia de estructuras que se desvían del tipo general, debe estar siempre presente en la mente del médico y del cirujano. Hacer disección ayuda a forjar esta mentalidad en los estudiantes; casi nunca, la realidad que el estudiante observa se adapta completa o exactamente a las imágenes de los libros y los atlas.

ORGANIZACIÓN GENERAL DEL CUERPO HUMANO

El cuerpo humano, como el de cualquier otro *metazoo*, está hecho de células. La **célula** es la unidad estructural fundamental de los organismos vivos. En el cuerpo humano se conocen más de 250 tipos de células, las cuales representan una parte muy pequeña entre los millones de tipos celulares que constituyen todos los seres vivos del planeta.

Estos elementos estructurales no están aislados sino íntimamente interrelacionados para construir los organismos vivos. Entre las células y la totalidad del organismo hay niveles de organización intermedios: tejidos, órganos y sistemas y aparatos.

Los **tejidos** son conjuntos de células que desarrollan una función determinada. Hay cuatro tipos fundamentales de tejidos: epitelial, conectivo, muscular y nervioso; y de ellos existen formas especializadas. Así, dentro del tejido conectivo se pueden distinguir el adiposo, el cartilaginoso, el óseo y la sangre. Una de las características del tejido conectivo es que además de células está formado en gran medida por otro elemento estructural denominado **matriz extracelular**. La matriz extracelular está constituida por **fibras** y **sustancia fundamental** o **matriz amorfa**. Las fibras están compuestas por diferentes proteínas; destacan entre ellas diversas variedades de colágeno (fibras colágenas y fibras de reticulina), fibrilinas (microfibrillas) y elastina (fibras elásticas). La matriz amorfa contiene líquido tisular (con agua, sales y moléculas pequeñas) y, principalmente, glicosaminoglicanos, proteoglicanos y diversas glucoproteínas.

Los **órganos** están formados por distintos tipos de tejidos. Constituyen unidades anatómicas bien delimitadas que ejercen, al menos, una función. Así, el esófago conduce los alimentos hacia el estómago, el riñón forma orina pero también produce sustancias que regulan la presión arterial y el hígado es un órgano con múltiples funciones metabólicas.

Los órganos se asocian en **aparatos** y **sistemas** para desempeñar funciones complejas. Un aparato o sistema puede definirse como el conjunto de órganos al servicio de una función compleja, por ejemplo, la digestión. Hay una tendencia en la terminología anatómica actual a excluir el término aparato. No obstante, en esta obra se mantienen ambos términos. En los aparatos, los órganos están anatómicamente bien definidos, con límites precisos. En los sistemas, el concepto de órgano es más difuso y las estructuras macroscópicas son difícilmente separables, pues los elementos celulares y moleculares que los constituyen no tienen barreras definidas o se imbrican por todo el organismo. Así, es fácil delimitar los órganos del aparato urinario, pero en el sistema inmunitario no se pueden separar los órganos linfoides de las células inmunitarias aisladas, y, el sistema nervioso es, en último extremo, una complejísima red celular que invade todo el organismo de forma difusa.

Los aparatos y sistemas que integran el organismo humano son:

1) La **piel y sus anexos** (**sistema tegumentario**), 2) el **aparato locomotor**, formado por huesos y cartílagos (**sistema esquelético**), articulaciones (**sistema articular**) y músculos (**sistema muscular**), 3) el **aparato digestivo**, 4) el **aparato respiratorio**, 5) el **aparato urinario**, 6) el **aparato reproductor o genital**, 7) el **sistema endocrino**, 8) el **sistema inmunitario**, 9) el **aparato circulatorio**, que engloba **el sistema cardiovascular** y el **sistema linfático**, 10) el **sistema nervioso**.

Los **órganos de los sentidos** no constituyen un sistema o aparato independiente. Son receptores que captan y transforman la información del mundo externo formando parte de un todo continuo con el sistema nervioso.

Todos los sistemas trabajan de forma coordinada y estructuralmente sólo pueden ser separados como método de estudio para comprender la unidad global que es el ser vivo.

Subyacentes a estos niveles de organización del cuerpo humano se encuentran las moléculas. Las células están formadas por moléculas, producen moléculas e interactúan mediante moléculas. Las proteínas son las moléculas principales de las que depende la organización estructural y funcional de los seres vivos. Ellas mismas tienen su propia y específica organización espacial (anatomía). Y la estructura de las proteínas está especificada por los **genes**, los cuales son fragmentos de la molécula de ADN, cuya organización espacial es nuevamente esencial en su función. Los genes contienen, pues, en forma codificada, la información de la estructura del organismo, de sus tipos celulares, de sus funciones, de su número y posición espacial, de su organización en tejidos y en órganos, así como de las señales para desarrollarse crecer y morir. Por ello, la comprensión profunda de las causas que determinan las formas y estructura del organismo vivo (objeto de la anatomía) requiere el análisis del nivel molecular, pues son los genes y sus mecanismos de expresión y de regulación los

que producen, organizan y mantienen los órganos de los seres vivos.

DIVISIÓN DEL CUERPO HUMANO

El cuerpo se divide en **cabeza**, **cuello**, **tronco** y **extremidades** o **miembros (superiores e inferiores)**. Las zonas de anclaje o de continuidad entre el tronco y los miembros forman parte de ambos: la **cintura escapular** se integra tanto en el tronco como en la extremidad superior, y la **cintura pélvica** es parte del tronco y de la extremidad inferior.

El tronco comprende el **tórax**, el **abdomen**, la **pelvis** y el **dorso** o **espalda**. El tórax, el abdomen y la pelvis se organizan formando una cavidad: **cavidad torácica**, **cavidad abdominal** y **cavidad pélvica**. La cavidad torácica está separada de la abdominal por el diafragma. La cavidad abdominal se continúa sin límite alguno con la cavidad pélvica; se puede, pues, denominar *cavidad abdominopelvica* al espacio comprendido entre el diafragma y el suelo de la pelvis. El dorso o espalda se dispone de forma continua por detrás de las cavidades.

TERMINOLOGÍA ANATÓMICA

Para el estudio adecuado del cuerpo humano es imprescindible establecer unas normas básicas de descripción de las formas y estructuras que lo componen. Estas normas constituyen un lenguaje común, una terminología anatómica, aceptado por todos los anatomistas.

La terminología anatómica considera cuatro aspectos fundamentales: **posición anatómica**, **planos anatómicos**, **direcciones** que permiten establecer la relación entre estructuras y **nomenclatura**.

POSICIÓN ANATÓMICA

La descripción de cualquier estructura anatómica parte de la consideración de que el cuerpo humano (el cadáver y el vivo) se encuentra en una actitud universal y fija denominada **posición anatómica** (Fig. 1-1).

El cuerpo está de pie, con la cabeza al frente, los miembros inferiores juntos con los dedos gruesos de los pies dirigidos hacia delante y los miembros superiores pegados a los lados del cuerpo con las palmas de las manos mirando hacia delante.

A partir de esta posición convencional es posible establecer los planos anatómicos y localizar cualquier estructura del cuerpo y relacionarla con otras. Es importante destacar que, habitualmente, tanto el cadáver como el vivo son explorados en decúbito, pero en las descripciones se mantiene el criterio de posición anatómica definido anteriormente.

PLANOS ANATÓMICOS DE ORIENTACIÓN (Figs. 1-1 y 1-2)

1) El **plano sagital** o **medio** es un plano anteroposterior, perpendicular al suelo, que divide el cuerpo en dos mitades, derecha e izquierda. Todos los planos paralelos a éste se denominan **parasagitales**.

2) Los **planos transversales** u **horizontales** son planos paralelos al suelo, que atraviesan el cuerpo de derecha a izquierda y son perpendiculares con respecto al plano sagital.

3) Los **planos coronales** o **frontales** son planos verticales, atraviesan el cuerpo de derecha a izquierda y son perpendiculares a los planos sagital y transversal.

Excepto el plano sagital o medio, todos los demás planos (parasagitales, coronales y transversales) son ilimitados en número. Por eso es necesario establecer una referencia corporal por donde el plano corta el cuerpo (plano

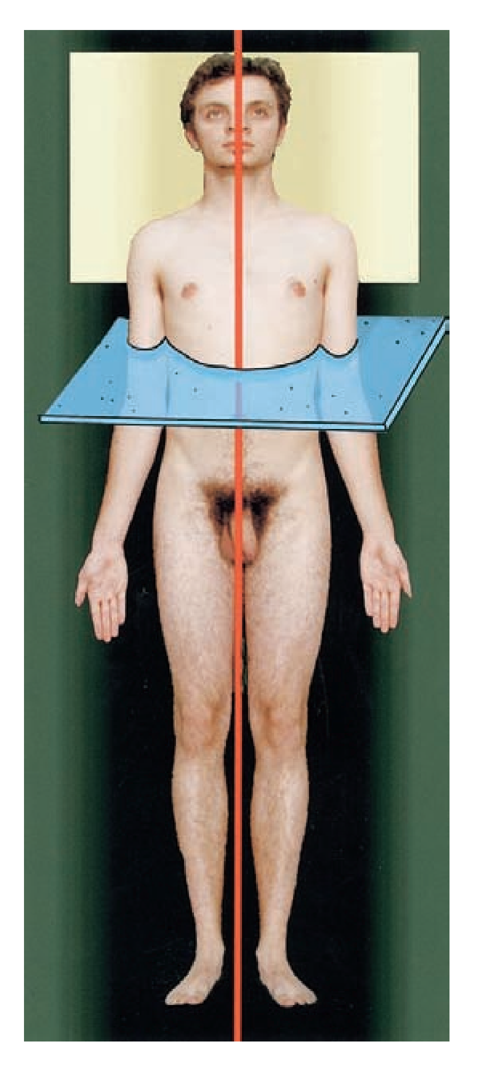


Figura 1-1. Representación de los planos corporales sobre la posición anatómica. Amarillo, plano coronal; rojo, plano sagital; azul, plano transversal.

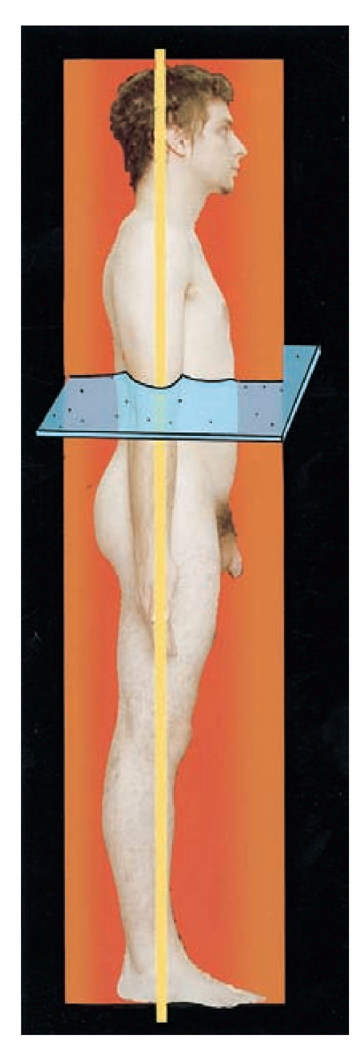


Figura 1-2. Representación de los planos corporales en una visión lateral del cuerpo humano. Amarillo, plano coronal; rojo, plano sagital; azul, plano transversal.

de corte). Así, por ejemplo, diremos: un plano parasagital por la parte media de la cavidad orbitaria; un plano transversal por el ombligo; un plano coronal por el punto central de las crestas ilíacas.

DIRECCIONES ANATÓMICAS (Fig. 1-3)

Las direcciones son términos para ubicar las estructuras anatómicas en relación con los planos y entre sí.

Los términos **medial (interno)** y **lateral (externo)** indican direcciones paralelas al plano sagital. Medial indica que una determinada estructura se dispone hacia la línea media, hacia el plano sagital. Lateral indica que una estructura se aleja hacia los lados del plano medio (hacia la derecha o hacia la izquierda).

Los términos **superior (craneal)** e **inferior (caudal)** establecen la posición de una estructura en relación con el plano transversal. Superior indica una dirección hacia

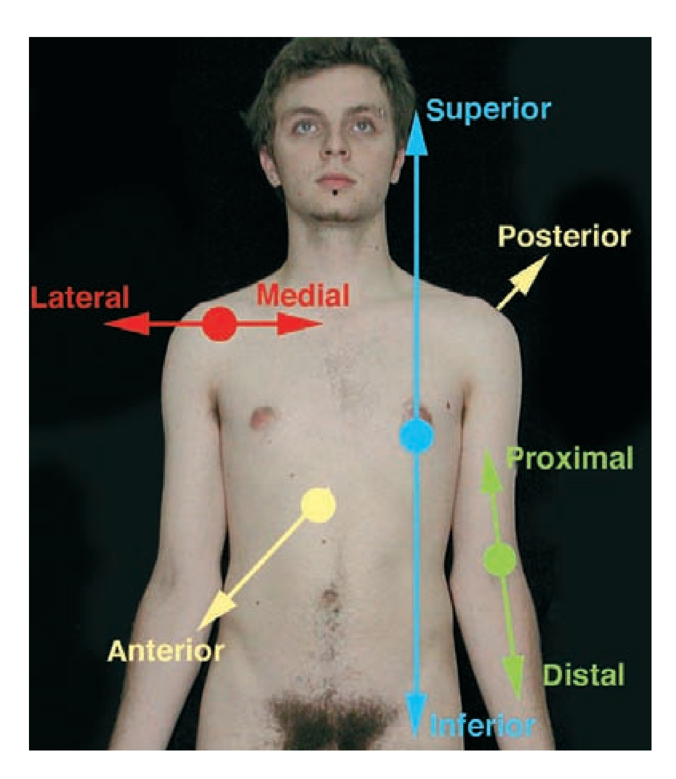


Figura 1-3. Representación de las direcciones anatómicas de orientación espacial en el cuerpo humano.

arriba (hacia el cráneo) e inferior señala una dirección hacia abajo (hacia el cóccix o hacia la cola[1]).

Los términos **anterior (frontal o ventral)** y **posterior (dorsal)** son direcciones paralelas al plano coronal. Anterior señala hacia delante, hacia el vientre, y posterior es la dirección hacia atrás, hacia la espalda o dorso.

Los términos de dirección pueden emplearse en sentido absoluto o relativo. Si nos referimos a un solo órgano, la expresión es absoluta y no deja lugar a dudas, por ejemplo: la extremidad inferior del cúbito. Pero si queremos establecer la relación espacial entre dos o más estructuras, entonces los términos son relativos, por ejemplo: la nariz es superior a la boca pero inferior a la frente.

Otros términos de dirección

Superficial y **profundo** se utilizan con frecuencia. Superficial indica hacia el exterior del cuerpo, hacia la piel; profundo señala hacia el interior del cuerpo, alejándose de la piel. En anatomía topográfica es habitual distinguir planos superficiales y planos profundos; o decir, en tal región se encuentran de superficial a profundo las siguientes estructuras anatómicas.

En relación con las extremidades se utilizan también los términos **proximal** y **distal**. Proximal indica la dirección hacia la raíz del miembro y distal que se aleja de ella hacia

[1] Caudal, derivado del latín *cauda* = cola.

los extremos; por ejemplo: el muslo es proximal a la pierna y ésta es distal a aquél.

En la mano y en el pie se utilizan términos relacionados con la palma y la planta, respectivamente. En la mano, **palmar** quiere decir anterior y en el pie **plantar** es equivalente a inferior. El **dorso de la mano** es la superficie posterior de ésta, y el **dorso del pie** es la superficie superior de éste.

NOMENCLATURA

Estudiar anatomía es aprender una lengua nueva con un vocabulario muy extenso, y es también aprender a ordenar y relacionar correctamente las palabras de este vocabulario, o dicho de otro modo, aprender a «hacer frases gramatical y sintácticamente correctas».

La mayoría de los términos anatómicos proceden del griego y del latín. Como en otras ciencias naturales, la nomenclatura anatómica está escrita en latín. Sin embargo, a medida que las lenguas nacionales han ido sustituyendo al latín en el lenguaje de la ciencia, los términos latinos de las estructuras anatómicas se han traducido a las lenguas vernáculas (castellano, inglés, alemán, francés).

El lenguaje anatómico requiere claridad y precisión, y ser lo más universal posible. A finales del siglo XIX existían más de 30 000 términos anatómicos para definir estructuras del cuerpo humano; muchos de estos vocablos eran repeticiones o nombres diferentes que se daban a la misma estructura en diferentes países, o eran datos no bien comprobados.

La unificación y clarificación del lenguaje anatómico requirió la elaboración de una nomenclatura única (**Nómina anatómica**). El primer intento de unificación del lenguaje anatómico se realizó en 1895 en la ciudad de Basilea (Nómina anatómica de Basilea). A partir de entonces, la Nómina ha estado siempre en permanente revisión y perfeccionamiento. La Nómina anatómica de Jena (1935) y la Nómina anatómica de París (1955) supusieron cambios notables. En los últimos años, el Comité Federal sobre Terminología Anatómica (FCAT), constituido en Río de Janeiro en 1989, ha efectuado nuevas adaptaciones de la nomenclatura.

En esta obra se ha utilizado la versión castellanizada de 2001 de la *Nómina Anatómica* aprobada por el FCAT. Sin embargo, hay que ser muy consciente de que los médicos no se interesan mucho por estos cambios y continúan empleando términos pasados consagrados por el uso. Por ello, en algunos casos, es importante incluir junto al nombre oficial otros términos de uso habitual, incluso epónimos.

TÉCNICAS DE ESTUDIO

Además de la observación a simple vista o con instrumentos de **endoscopia** (que permiten ver el interior de las cavidades), hay dos procedimientos fundamentales de estudiar la anatomía macroscópica del cuerpo humano: el estudio del cadáver mediante la disección y las técnicas de imagen del cuerpo vivo.

DISECCIÓN

La disección del cadáver en las salas de anatomía es el procedimiento tradicional y más antiguo para estudiar el cuerpo humano (Fig. 1-4). Es, también, la base metodológica sobre la que se ha construido el edificio de la anatomía macroscópica. La disección ya era practicada por los antiguos griegos. Tras los siglos oscuros de la Edad Media en la que estuvo prohibida, renace en el siglo XVI como método fundamental para el estudio del cuerpo humano con la figura de Andrés Vesalio[2], a quien se considera el «padre» de la anatomía moderna.

Los estudiantes de medicina deben hacer disecciones para aprender mejor la anatomía. Adquieren así un conocimiento real y directo de los órganos, de sus formas, texturas y relaciones espaciales. Viendo, tocando, separando y cortando ellos mismos las estructuras que ha observado en los libros, en los atlas y en las piezas anatómicas ya disecadas y conservadas, el estudiante consolida sus cono-

[2] Andrés Vesalio (1514-1564), anatomista belga. Profesor de la Universidad de Pádua y médico del emperador Carlos V. Revolucionó la anatomía con su obra «De Humani Corporis Fabrica».



Figura 1-4. Visión anterior de los riñones en una disección del espacio retroperitoneal.

cimientos, se aproxima a la materia de la que están hechos los cuerpos que tendrá que aprender a sanar y comienza a forjar su espíritu de observación, herramienta fundamental de todo científico y de todo buen clínico.

TÉCNICAS DE IMAGEN DEL CUERPO HUMANO VIVO

Radiología convencional (Fig. 1-5)

Para obtener una imagen de un objeto por esta técnica es necesario utilizar una energía (radiación) que interaccione con el objeto y posteriormente recogerla en un receptor adecuado (placa radiográfica). Por este procedimiento se obtiene una **representación bidimensional de un objeto tridimensional** en la que se superponen todas las estructuras atravesadas por la radiación.

Como emisor de energía hay que referirse al **tubo de rayos X**, a los que se les permite emerger a través de una abertura en el blindaje de plomo para formar el haz primario[3].

Una de las propiedades más importantes de los rayos X es que son capaces de penetrar la materia. Sin embargo, no toda la radiación X que penetra en un objeto lo atraviesa, ya que parte de la misma es absorbida. La diferente «permeabilidad» de los tejidos a los rayos X es la responsable de crear contrastes en la imagen radiográfica. En general, hay cinco niveles de densidad en una placa radiográfica: densidad «aire» (máxima transparencia a la radiación); densidades «agua» y «grasa» (menor transparencia que la anterior y característica de los tejidos blandos); densidad «hueso» (gran opacidad a los rayos X propia de tejidos calcificados) y densidad «metal» (total opacidad a la radiación propia de prótesis dentales o cuerpos extraños).

En ocasiones, se utilizan **medios de contraste** para reforzar la diferencia de absorción entre estructuras del cuerpo y las zonas que las rodean. Estas sustancias suelen ser sulfato de bario en suspensión acuosa, compuestos orgánicos que contienen yodo, así como aire o un gas como el anhídrido carbónico. El sulfato de bario y el gas se utilizan en el tubo digestivo. Los compuestos de yodo tienen aplicación en el estudio de los aparatos vascular, urinario y respiratorio y en el conducto vertebral.

Las placas radiográficas se obtienen en distintas **proyecciones**, según lo que se quiera observar preferentemente. Las más habituales son proyecciones *posteroanteriores* (el haz de rayos X entra por el dorso y la placa se coloca en posición anterior), *anteroposteriores* (el haz de rayos X sigue un curso de delante a atrás y la placa se coloca en posición posterior) y *laterales*.

[3] Wilhelm Conrad Röntgen, físico alemán, con el anuncio de «Una nueva clase de rayos» dio a conocer en 1895 en la sala Físico-médica de Würzburg el descubrimiento de los rayos X, lo que abrió una nueva época de la medicina que dio origen a la radiología.

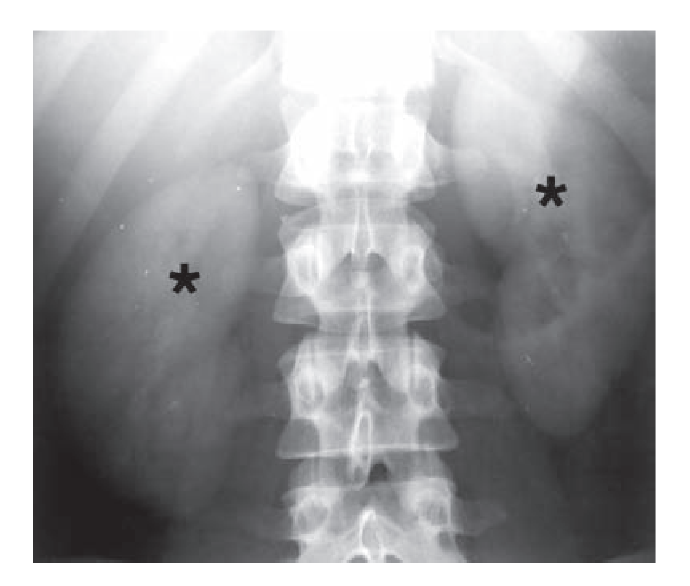


Figura 1-5. Radiografía simple abdominal que muestra las sombras renales (*).

Angiografía (Fig. 1-6)

Es una técnica radiográfica que utiliza contraste para obtener imágenes del árbol vascular. Las **flebografías** son radiografías del árbol venoso, obtenidas inyectando contraste en una vena periférica. Las **linfografías** son radiografías del árbol linfático.

En la **arteriografía convencional** se introduce un catéter muy fino con una guía metálica en su interior por la arteria femoral a la altura de la ingle. Mediante control radioscópico, se hace avanzar la guía por el árbol arterial hasta llegar al tronco deseado, y sobre ella se introduce el catéter, por el que se inyecta un contraste radiopaco. Así se consiguen imágenes radiográficas de arterias cerebrales, de arterias de los miembros superiores o inferiores, de arterias coronarias (coronariografía) de arterias abdominales o de cualquier otra región.

La **arteriografía digital intravenosa o de sustracción** es una variedad de la anterior que permite una gran definición del árbol vascular. Se obtiene una primera imagen radiográfica digitalizada de la región que se desea estudiar, luego se inyecta el contraste por una vena periférica cualquiera (el contraste irá al corazón, de aquí a los pulmones y de éstos volverá a las arterias), y finalmente se obtiene una segunda imagen digital. La sustracción computarizada de ambas imágenes dibuja las arterias.

Tomografía computarizada (Fig. 1-7)

La **tomografía computarizada (TC)** es el avance más importante en la representación corporal con fines médicos

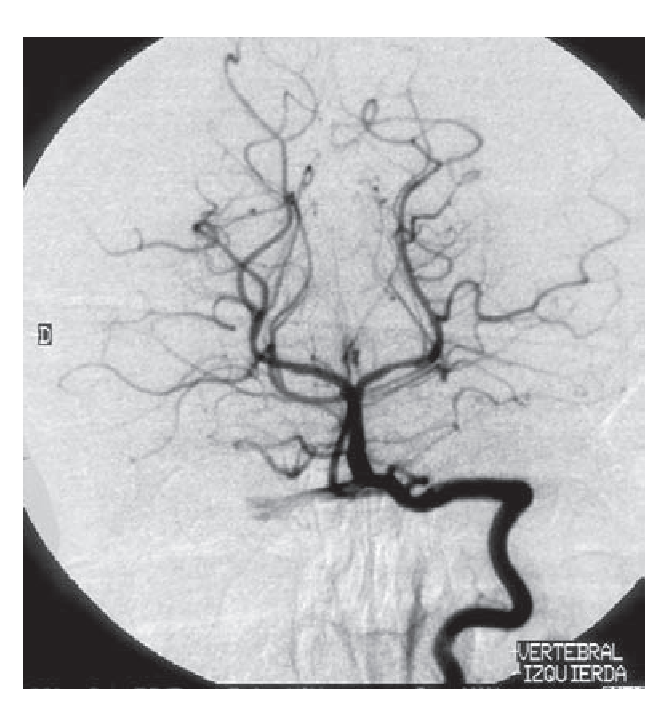


Figura 1-6. Arteriografía de la arteria vertebral izquierda.

desde el descubrimiento de los rayos X, y ha revolucionado el diagnóstico médico al proporcionar un método rápido de obtener información detallada sobre los órganos internos y la estructura corporal sin necesidad de recurrir a la cirugía[4].

Las grandes limitaciones de la radiología convencional son las superposiciones y la imposibilidad de diferenciar pequeños cambios de densidad.

La tomografía computarizada consiste, en síntesis, en la sustitución de la placa radiográfica por detectores de radiación. Las señales recogidas por éstos pasan a un ordenador que, mediante un sofisticado proceso de cálculo matemático, reconstruye las densidades detectadas en forma de puntos luminosos, proyectándolos en un monitor de TV. La imagen así obtenida tiene gran poder de resolución o definición y no existe en ella ninguna sombra debida a superposiciones; se amplía enormemente la gama de densidades, con lo que las estructuras invisibles a los RX, como el páncreas o el cerebro, se visualizan con nitidez. El hueso, al tener menos absorción de radiación aparecerá más brillante (blanco); por el contrario, el aire, al no absorber radiación, aparecerá negro. Entre ambos estarán el resto de estructuras según su poder de absorción de la radiación X.

[4] La técnica fue puesta a punto en el Reino Unido por la compañía discográfica EMI, que editó discos de los Beatles. Sus inventores, Godfrey Newbold Hounsfield (investigador de EMI) y Allan McLeod Cormack (físico surafricano) recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1979. Sin embargo, fue el Dr. Hounsfield el que diseñó y construyó el primer aparato de rastreo con aplicación clínica basado en la tomografía computarizada.

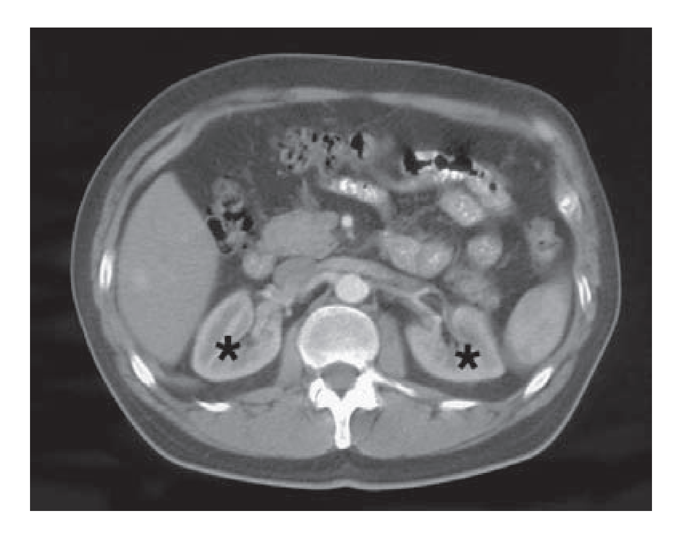


Figura 1-7. Tomografía computarizada del abdomen en la que se visualizan los riñones (*).

Aunque en principio los equipos de tomografía computarizada (escáner) obtienen imágenes en secciones axiales (de ahí el nombre de TAC; tomografía axial computarizada), los ordenadores permiten reconstruir imágenes coronales, sagitales o en cualquier otro plano corporal a partir de los cortes axiales, por lo que el término axial puede suprimirse; es más correcto el de tomografía computarizada (TC).

Resonancia magnética (Fig. 1-8)

Es una técnica que permite obtener imágenes del cuerpo en cualquier plano del espacio sin someterle a radiaciones ionizantes[5]. Permite diferenciar las estructuras anatómicas mejor que cualquier otra prueba radiológica. Además, permite emplear contraste con el fin de aumentar la definición de diferentes estructuras corporales.

Las imágenes se obtienen mediante el siguiente procedimiento: se estimula al organismo por la acción de un campo magnético con un imán de altísima potencia. Este imán consigue que los protones de los átomos del organismo (especialmente el hidrógeno) se alineen en el campo magnético de forma longitudinal, con lo que el propio paciente se magnetiza y emite una señal que sólo puede ser cuantificada después de que se envíe una onda de radiofrecuencia que transforma la magnetización longitudinal en transversal. Las señales de radiofrecuencia emitidas por el organismo son captadas por un receptor y analizadas por un ordenador que las transforma en imágenes (cada tejido produce una señal diferente). Una de las ventajas de la RM es que el propio operador puede controlar distintas

[5] Los científicos Paul C. Lauterbur (estadounidense) y Peter Mansfield (británico) recibieron el Premio Nobel de Medicina en 2003 por sus descubrimientos sobre las aplicaciones de la resonancia magnética a la medicina.

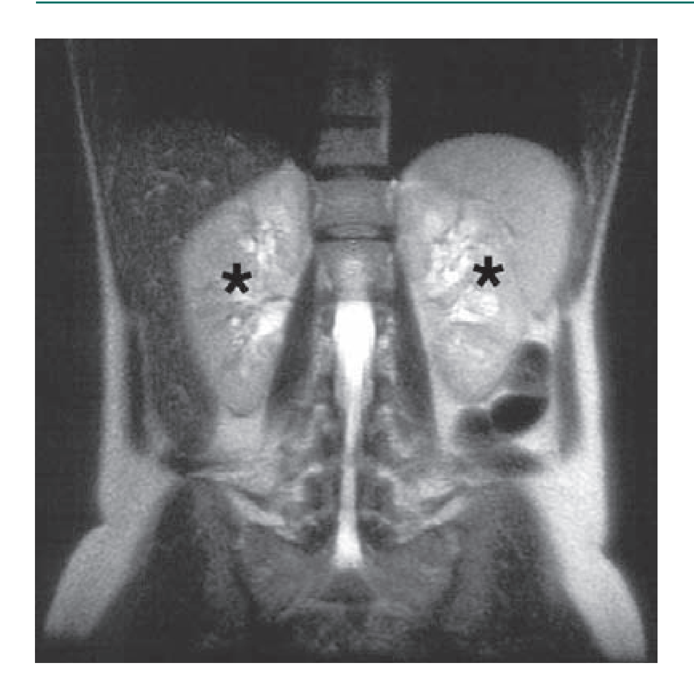


Figura 1-8. Resonancia magnética coronal del abdomen en la que se observan los riñones (*).

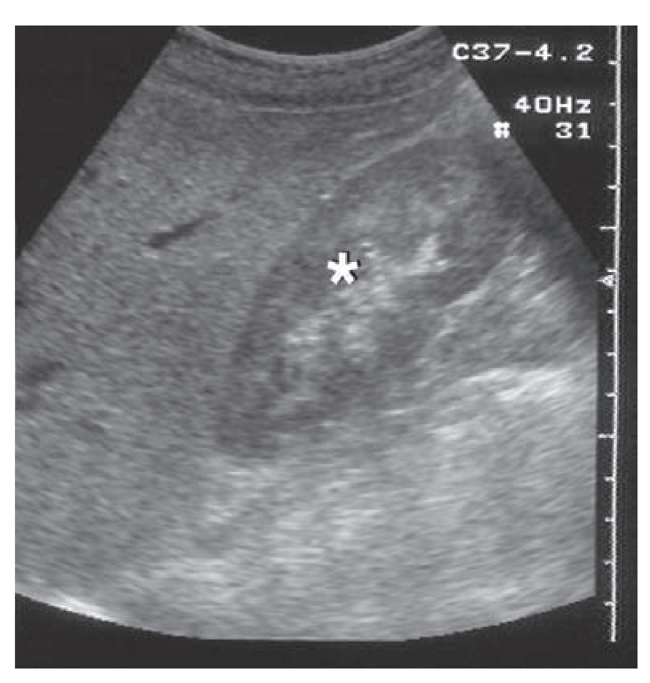


Figura 1-9. Imagen ecográfica del riñon (*).

variables de la toma de imágenes según los tejidos que quiera resaltar.

Para realizar esta exploración se introduce al paciente dentro de un tubo que genera campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia que se dirigen a los tejidos que se desean estudiar. Aunque la exploración puede hacer sentir al sujeto una intensa claustrofobia y requiere soportar un ruido desagradable, no es dolorosa ni posee efectos perjudiciales para el organismo.

Una de las grandes ventajas de la RM es que puede obtener imágenes del cuerpo en todos los planos del espacio (axial, transversal, sagital y oblicuos) sin necesidad de que el paciente cambie su posición. También estudia el árbol cardiovascular sin utilizar medios de contraste detectando el flujo sanguíneo al discriminar los movimientos de los núcleos de hidrógeno.

Ecografía (Fig. 1-9)

En esta técnica las imágenes se obtienen por el uso de ultrasonidos (vibraciones mecánicas con una frecuencia por encima del nivel audible). La parte elegida del cuerpo se somete a una fuente de ultrasonidos, los cuales, al interaccionar con los tejidos, son en parte devueltos en forma de ecos. Los ecos poseen patrones de amplitud específicos para los diferentes tejidos y son digitalizados y transformados en imágenes móviles que permiten analizar múltiples aspectos de los diferentes órganos, tales como el tamaño, la forma y el contenido de las cavidades.

Los ultrasonidos son producidos y detectados por un cristal que oscila muy deprisa (*efecto piezoeléctrico*) con una frecuencia superior a 1 MHz, inaudible para el oído humano.

La ecografía es indolora y puede repetirse todas las veces necesarias ya que carece de peligro para la salud. El aire y el hueso y otros tejidos calcificados absorben casi la totalidad de las ondas de ultrasonidos, por lo que esta técnica no es útil para ver el estado de los huesos o de los pulmones. Sin embargo, los líquidos conducen bien los ultrasonidos, razón por la que la ecografía es una técnica muy empleada para el diagnóstico de quistes, para explorar estructuras del aparato urinario o de las vías biliares y para visualizar el feto en el saco amniótico.

La **ecografía doppler** es un tipo especial de esta técnica que analiza el movimiento de la sangre, por lo que se emplea para estudiar la vascularización de órganos o el movimiento de las válvulas cardíacas (ecocardiografía).

SECCIÓN II

PIEL Y ANEJOS CUTÁNEOS

CAPÍTULO 2

Piel y anejos cutáneos

PIEL ANEJOS CUTÁNEOS

PIEL

La **piel**[1] es el revestimiento externo del cuerpo. En los orificios naturales (ano, boca, vulva, uretra, nariz) se continúa con las mucosas mediante zonas de tránsito mucocutáneas. Es, en realidad, un órgano que cumple diversas funciones de protección y contiene los receptores sensoriales del tacto.

Está constituida por una capa externa de origen ectodérmico, la **epidermis**, y otra interna de origen mesodérmico, la **dermis**; descansa sobre una capa subyacente, la **tela subcutánea**, que debe incluirse dentro de la estructura de la piel (Fig. 2-1).

Asociados a la piel se encuentran los **pelos**, las **uñas** y las **glándulas cutáneas**.

El conocimiento de la piel tiene gran importancia para el médico general, pues no sólo es el órgano más accesible a la observación y a la exploración, sino que muchas enfermedades sistémicas dan manifestaciones en la piel, ya sean generales o localizadas. Así, por ejemplo, en algunas enfermedades cardíacas, llega poco oxígeno a los tejidos y la piel se torna azulada (**cianosis**); en la **policitemia**, la piel se enrojece pues el color de la piel depende en parte de la cantidad de sangre de los vasos cutáneos; en fin, en la **ictericia**, la piel se torna amarillenta por acumulación de pigmento biliar. En otros casos aparecen lesiones locales de muy diverso tipo que son signos acompañantes de muy distintas enfermedades, y que el médico debe saber valorar.

Además, hoy es posible realizar **injertos** de piel para reconstruir zonas de piel muy dañadas, como en caso de quemaduras graves. Un injerto de piel contiene siempre epidermis y un grosor variable de dermis. El empleo de injertos cutáneos es uno de los procedimientos fundamentales de la cirugía plástica.

Evolución

Durante el proceso de hominización ha tenido lugar una progresiva disminución de la densidad del pelo y un incremento del número de glándulas sudoríparas.

Muy posiblemente *Australopithecus* tenía una piel oscura y un pelo negro y fino. *Homo erectus* también tenía la piel muy pigmentada, al igual que *Homo sapiens sapiens* que comenzó a evolucionar en África.

La reducción del pelo y el incremento de glándulas sudoríparas (*Homo sapiens sapiens* tiene entre 2 y 4 millones de glándulas) son consecuencia de adaptaciones a la necesidad de mantener una gran actividad física durante los largos períodos que duraba la caza de una presa, actividad que generaba gran cantidad de calor de la que era preciso desprenderse.

Las razas humanas se diferenciaron geográficamente hace unos 30 000 años como consecuencia de la adaptación a diferentes latitudes. En las latitudes altas disminuyó la producción de *melanina* y se diferenció la piel clara.

[1] Piel, del latín *pellis*; o *cutis*, término latino para referirse específicamente a la piel humana. Dermatología (del griego *dermathos* = piel) es el estudio de las enfermedades de la piel.

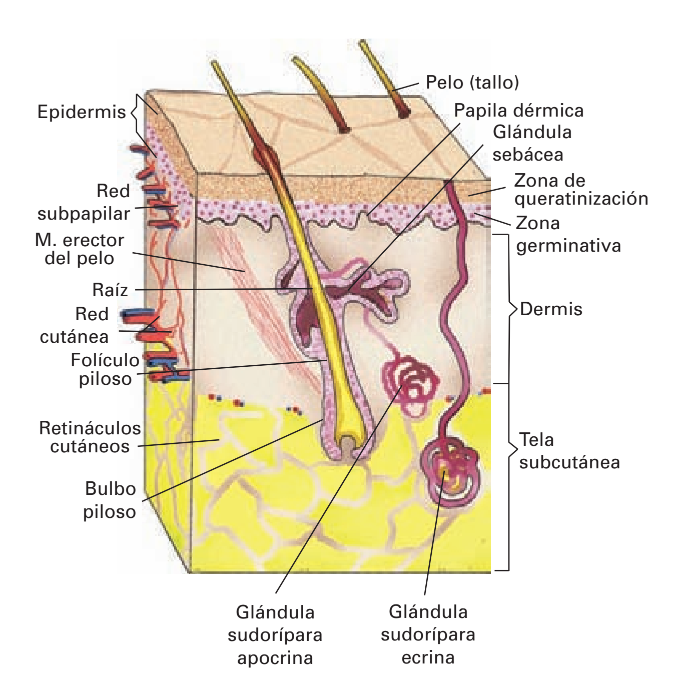


Figura 2-1. Representación esquemática de la organización de la piel y de sus anexos. Los receptores sensoriales no han sido representados.



Figura 2-2. Líneas de flexión en la muñeca, la palma de la mano y los dedos.

Características generales

La piel no tiene un *grosor* uniforme. Es más gruesa en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, y es fina y delicada en el pene y en los párpados.

El *color* de la piel es una de las bases antropológicas de clasificación de las razas humanas. Está en relación con tres factores: la cantidad de pigmento *melanina*, de la *hemoglobina* de los vasos cutáneos, y, en menor medida, de la *carotina* circulante.

Cuanto más pigmento melánico, más bronceada es la piel. En las poblaciones de piel clara se marcan diferencias locales en la pigmentación. Son zonas más pigmentadas los genitales externos, la región perianal, la axila y la aréola mamaria. En las poblaciones de piel negra las palmas de las manos y las plantas de los pies están menos pigmentadas. Parece, pues, claro que estos son rasgos evolutivos marcados por la exposición a la luz.

Superficie de la piel

La piel no es lisa sino que se caracteriza por la presencia de hendiduras y relieves de distinta naturaleza. Unos son de nivel grueso y otros de nivel fino.

Los *pliegues de nivel grueso* son las **líneas de flexión** y las **arrugas seniles**; éstas últimas se exponen más adelante.

Las **líneas de flexión** (Fig. 2-2) se observan en las articulaciones y obedecen a los movimientos que realizan. Son muy evidentes en algunas zonas como los dedos, la muñeca o el codo. Constituyen referencias importantes para el cirujano al abordar con exactitud una articulación determinada.

Los *pliegues de nivel fino* son las **líneas de tensión**, las **crestas papilares** y **las líneas de tensión mínima**.

Las **líneas de tensión** (Fig. 2-3) son surcos muy finos que se entrecruzan dibujando campos romboidales o poligonales. Se encuentran en toda la superficie cutánea (se observan muy bien en el dorso de la mano) y están en relación con la disposición de las fibras conjuntivas de la dermis.

Las **crestas papilares** (*crestas de fricción*) se encuentran únicamente en la piel lampiña de la palma de la mano y de la planta del pie y de los dedos. Dibujan líneas curvas estrechas separadas por surcos igualmente finos. Corresponden a la ordenación en hileras de las crestas papilares de la dermis (véase más adelante), en la que existe una estrecha unión entre las dos capas de la piel. Obedecen a un patrón genético y se mantienen constantes durante toda la vida, y son específicos de cada individuo, incluso en los gemelos univitelinos. En las yemas de los dedos forman las *huellas dactilares* tan importantes en la identificación de las personas (Fig. 2-4).

En **dactiloscopia** se distinguen tres modelos básicos de líneas sobre los que se desarrollan todas las variables: basi-



Figura 2-3. Superficie de la piel del dorso de la mano con las líneas de tensión dibujando campos poligonales. Nótese cómo el pelo emerge por las líneas de tensión.

lar, marginal y nuclear. La *línea basilar* es una línea transversal que va de borde radial a borde cubital de la yema del dedo. La *línea marginal* contornea el pulpejo formando un arco. La **nuclea**r está encerrada entre las anteriores; puede ser en **círculo** o en *asa* y puede faltar. En la trisomía 21 (**síndrome de Down**) existen algunas variaciones características de los patrones de las crestas papilares.

Las **líneas de tensión mínima** (*líneas de Langer*) son surcos muy finos que se encuentran en la piel de todo el organismo y siguen un trayecto perpendicular al eje longitudinal de los músculos superficiales subyacentes. Se forman por la disposición de los haces colágenos de la dermis y por la acción de los músculos. Son fáciles de reconocer en el rostro, donde se producen por la contracción repetida de los músculos de la mímica. En otras zonas corporales se hacen patentes al incidir la piel. Son de gran utilidad para el cirujano, sobre todo en cirugía plástica, pues las incisiones deben seguir el trayecto de estas líneas o ser paralelas a ellas con objeto de conseguir la mejor cicatrización.

Funciones

La piel es un órgano que cumple diversas funciones; unas son de protección y otras son de carácter sensorial, de comunicación e inmunitaria.

Funciones de protección. La piel ejerce protección mecánica, térmica, contra la pérdida de líquidos, de las radiaciones y de las infecciones.

La *protección mecánica* convierte a la piel en una barrera inmediata frente a los agentes externos. Se debe a la *queratina* de la epidermis y a las secreciones de las glándulas sebáceas, las cuales ejercen un papel de engrase de la piel. Esta barrera es elástica gracias a las fibras conjuntivas de la dermis que le dota de movilidad y resistencia a la tracción.

> Aunque esta barrera es muy impermeable (no penetra el agua), la piel tiene cierta capacidad de absorción de sustancias como las pomadas, las cremas o el azufre de las aguas sulfurosas termales. Gracias a esta capacidad, se pueden utilizar «parches adhesivos» impregnados en hormonas (como *estrógenos* en la menopausia) o *nicotina* para la deshabituación del tabaquismo.

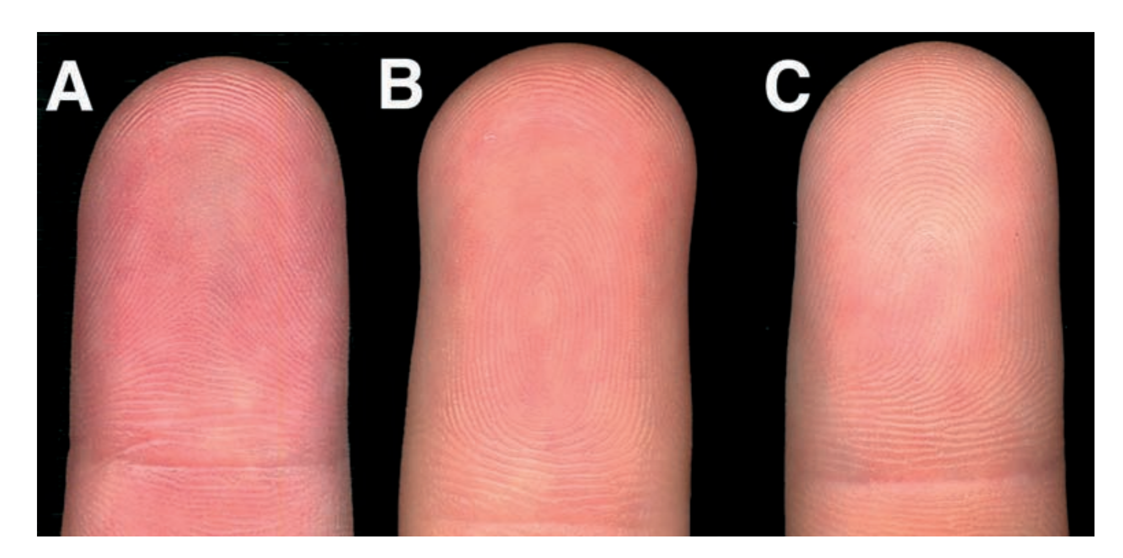


Figura 2-4. Huellas dactilares. La convergencia de los tres sistemas básicos de líneas (crestas) papilares da lugar a la formación de unas figuras denominadas Deltas. Hay tres tipos fundamentales de dactilogramas: A: adelto; B: bidelto; C: monodelto.

La *protección térmica* se debe al importante papel termorregulador que ejerce la piel. Es una característica de los mamíferos el mantenimiento de una temperatura constante. Esta función se debe a varios factores: la circulación sanguínea en los vasos cutáneos, la cantidad de tejido adiposo subcutáneo, los pelos y el sudor.

Los vasos cutáneos son el principal elemento; bajo el efecto de los nervios vegetativos pueden dilatarse provocando pérdida de calor o constreñirse para ahorrar calor.

La grasa cutánea ejerce un papel termorresistente; las personas delgadas se hielan más fácilmente que las gruesas.

El sudor es una respuesta frente al calor excesivo para poder mantener la temperatura corporal.

Los pelos, en el caso del hombre y a diferencia de otros mamíferos, tienen muy poca importancia para mantener la temperatura.

La piel protege para *mantener el equilibrio líquido* del cuerpo. Normalmente se pierden 1 litro diario de agua por la piel y gran cantidad de iones. Esta actividad está regulada por las glándulas cutáneas, las cuales responden a las demandas homeostáticas, y por la capa córnea, que hace a la piel muy impermeable al agua evitando la desecación.

La pérdida excesiva conduce a la **exicosis** y a la muerte. Las **quemaduras** suponen pérdida de piel, por lo que uno de los peligros es la deshidratación; la gravedad de una quemadura está relacionada con la extensión. Si la superficie quemada es muy extensa el paciente muere por pérdida irremediable de líquidos; las quemaduras que afectan al 40 % de la superficie corporal ponen la vida del paciente en una situación crítica; quemaduras de 2/3 de la superficie corporal son irrecuperables.

La *protección frente a las radiaciones ultravioletas* se debe a la melanina. Este pigmento absorbe las radiaciones nocivas para las células del organismo.

La piel bronceada es un efecto de las radiaciones ultravioletas que estimulan la producción de melanina en la piel. La excesiva exposición al sol es un factor predisponente al cáncer de piel pues altera las células basales de la epidermis.

La *protección frente a las infecciones* se debe a la epidermis y a las células del sistema inmunitario (véase más adelante). La epidermis, y en especial la capa córnea es una barrera frente a la penetración de microorganismos que producen infecciones.

Función inmunitaria. La piel contiene células de Langerhans que pertenecen al sistema inmunitario.

Por eso, en muchas infecciones aparecen lesiones exantemáticas en la piel (sarampión, rubéola, varicela, etc.), o lesiones eccematosas que denotan hipersensibilidad a agentes extraños.

Función de comunicación. Los cambios de color de la cara (el rubor o la palidez) y el erizamiento de los pelos (piel de carne de gallina) son fenómenos regulados por el sistema vegetativo como respuesta a ciertos estados emocionales.

Estos cambios obedecen a efectos de vasodilatación o de vasoconstricción o a la contracción de los músculos erectores de los pelos, y expresan al observador la emoción del sujeto.

Función sensitiva. La piel contiene diversos y numerosos receptores de la sensibilidad general (presión, dolor, temperatura, etc.) y sirve, por tanto, de importantísimo órgano de información para el sistema nervioso (véase Tomo II).

Estructura

En sentido estricto, la piel está formada por dos capas, la epidermis y la dermis. Sin embargo, en sentido amplio debe incluirse la tela subcutánea por su íntima relación con la dermis y porque algunos anexos dérmicos ocupan también esta zona.

Epidermis

La epidermis es un *epitelio plano poliestratificado y queratinizado* (Figs. 2-5 y 2-6). Se caracteriza porque las células más superficiales, llenas de *queratina*, mueren continuamente y se descaman, al tiempo que, para mantener el equilibrio de la estructura, las células más profundas, las células madre basales, proliferan y se diferencian continuamente. La epidermis es un modelo completo de diferenciación celular donde hay células madre que progresivamente se diferencian hasta morir. Es una capa dinámica que se renueva continuamente. Se organiza en dos zonas: una profunda, germinativa, y otra superficial, de queratinización.

a) La *zona germinativa* consta de dos capas: la **capa de células basales** y el **estrato espinoso.**

La **capa de células basales** contiene las células madre de la piel; en ella hay continuas mitosis y células que se desprenden y diferencian hacia el estrato espinoso.

El **estrato espinoso** está constituido por **células espinosas**, denominadas así por sus prolongaciones citoplasmáticas que semejan espinas, las cuales forman varias filas interdigitadas y unidas muy estrechamente por desmosomas. Gracias a este estrato, la piel tiene una gran coherencia mecánica.

En esta zona existen, además, los **melanocitos**, las **células de Langerhans** y las **células de Merkel**.

Los **melanocitos** son células derivadas de la cresta neural que sintetizan la *melanina*, un pigmento negro pardus-

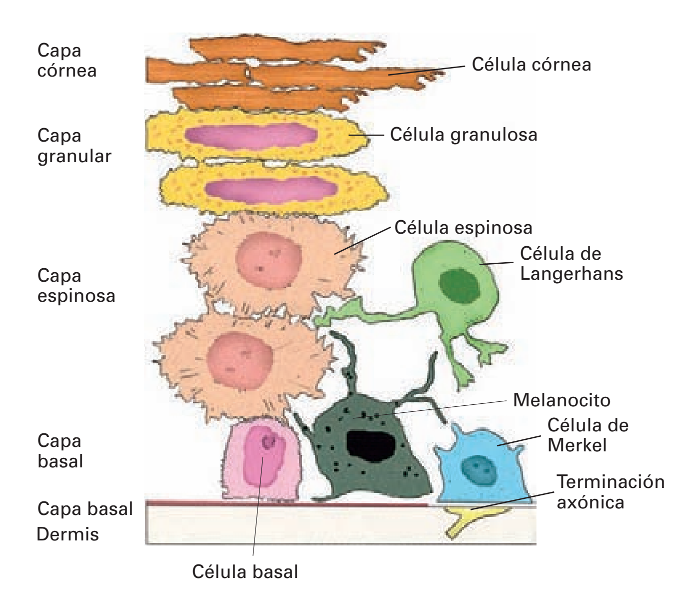


Figura 2-5. Esquema de la organización celular de la epidermis. Para mayor claridad sólo se han representado dos estratos de las capas espinosa y granulosa.

co que es liberado a los queratinocitos circundantes. La cantidad de melanina es mayor en las razas negras que en las blancas. El papel de la melanina es proteger la piel de las radiaciones ultravioletas que son lesivas para la actividad mitótica de las células basales. La producción de pigmento es estimulada por las radiaciones solares, lo que constituye todo un fenómeno cultural de nuestro tiempo en el que se pasan horas en las playas tomando el sol para ponerse moreno. Hoy está claramente demostrado que las personas de raza blanca que se exponen excesivamente al sol tienen mayor riesgo de padecer cáncer de piel. Como los melanocitos son funcionales tardiamente, la piel de los niños blancos es muy sensible a las radiaciones ultravioletas.

El **albinismo** es un trastorno hereditario en el que los melanocitos no producen melanina. El pelo es blanco y la piel, marmórea.

Durante el embarazo aparecen zonas hiperpigmentadas (**cloasma**) bien delimitadas y simétricas en la cara. También se observa en las mujeres que toman píldoras anticonceptivas.

Las **células de Langerhans**, con numerosas prolongaciones reticuladas, pueden aparecer en cualquier estrato de la piel, aunque asientan preferentemente en el estrato espinoso. Pertenecen al sistema inmunitario y constituyen una importante avanzadilla defensiva del organismo frente a agentes extraños. Son muy numerosas, (aproximadamente el 2 % de todas las células de la epidermis), si bien son células de paso que migran desde la piel a los ganglios linfáticos, donde se transforman en células interdigitantes.

Las **células de Merkel** son mecanorreceptores de adaptación lenta (véase Tomo II) que están asociados a terminaciones nerviosas. Se disponen en la capa basal.

b) La *zona de queratinización* es la región donde las células espinosas experimentan transformaciones como consecuencia del depósito progresivo de queratina. Consta de tres capas: **granular, clara** y **córnea**.

La **capa granular** está constituida por cuatro o cinco capas de **células granulosas**, ricas en gránulos de queratohialina, un precursor de la queratina.

La **capa clara** (*estrato lúcido*) sólo existe en las zonas de piel gruesa, y es una delgada capa de tránsito entre la granular y la córnea.

La **capa córnea** está formada por varios estratos de células planas denominadas **células córneas**. Carecen de núcleo y están llenas de haces de queratina. Las mas superficiales se descaman continuamente. Las células están

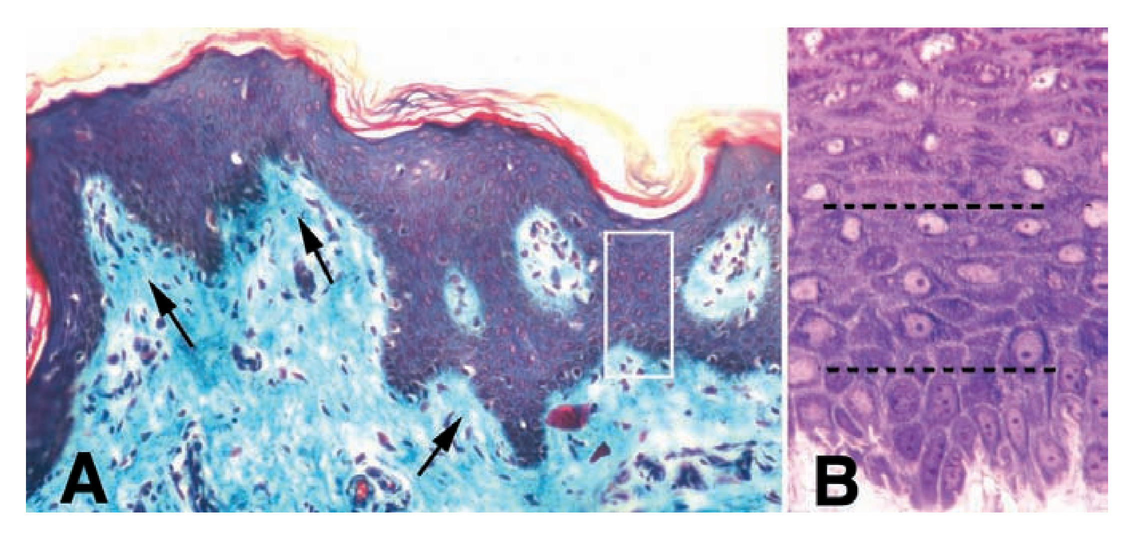


Figura 2-6. A) Microfotografía de la piel. La dermis aparece en azul claro, las capas profundas de la epidermis en violeta, la capa córnea en tonos rojos, las flechas señalan las papilas dérmicas. Tricrómico de Mallory. B) Detalle de la epidermis correspondiente a la zona encuadrada en A. Los trazos negros delimitan tres capas, de profundo a superficial: capa basal, capa espinosa y capa granulosa. Corte semifino.

agrupadas por material extracelular de naturaleza lipídica que hace a esta capa impermeable al agua.

En las zonas de roce excesivo la capa córnea se hipertrofia formando **callos**. La capa córnea se puede separar en puntos concretos del resto de capas formando **vesículas** o **ampollas** que contienen líquido seroso.

Dermis

La **dermis** o *corion*[2] (Figs. 2-1 y 2-6) está formada por tejido conjuntivo que se adhiere a la epidermis y se continúa con la tela subcutánea. Confiere a la piel resistencia, elasticidad y flexibilidad. Consta de dos capas: una profunda o **reticular** y otra superficial o **papilar**.

La **capa reticular** está formada por haces de colágeno (preferentemente colágeno de tipo I) y por fibras elásticas. Los haces de colágeno se disponen en conjuntos de fibras paralelas que se entrecruzan. Las direcciones predominantes que siguen los haces paralelos varían según las regiones y dan lugar en la superficie de la piel a lo que se ha denominado líneas de tensión. Las fibras colágenas están en equilibrio funcional con las elásticas, de forma que las primeras soportan las tensiones y evitan los desgarros, y las segundas reordenan las redes de fibras colágenas sometidas dotando a la piel de distensibilidad. En el envejecimiento hay una pérdida de fibras elásticas a consecuencia de la cual aparecen arrugas.

Durante el embarazo se producen distensiones de la piel del abdomen que pueden provocar roturas de las fibras colágenas (**estrías del embarazo**).

La **capa papilar** está constituida por protrusiones cónicas, las **papilas dérmicas**, que, a modo de relieves, levantan las capas profundas de la epidermis (Figs. 2-1, 2-6 y 2-7). Así, la dermis está interdigitada con la epidermis. Están formadas por tejido conjuntivo laxo rico en capilares sanguíneos y linfáticos, así como por fibras nerviosas y receptores sensitivos.

Las papilas son más grandes y numerosas en las zonas donde la piel es gruesa.

La dermis, además de las células propias del tejido conjuntivo, contiene **macrófagos, linfocitos** y **mastocitos**.

Tela subcutánea

La **tela subcutánea** (*tejido celular subcutáneo o subcutis*) es una variedad de tejido conjuntivo laxo muy rico en tejido adiposo (**panículo adiposo**), que sirve de unión entre la dermis y la fascia corporal profunda, al tiempo que facilita el deslizamiento de la piel (Fig. 2-1). La fascia profunda es la envoltura conjuntiva de los compartimentos musculares o profundos. La tela subcutánea está atravesada por haces conjuntivos (**retináculos de la piel)** que unen la dermis a la fascia y dividen a la grasa en compartimentos. La proporción de tejido graso y laxo varía notablemente de una región a otra del organismo, y también está influida por factores constitucionales y nutricionales.

[2] Del griego *khorion* = membrana. El corion es la parte de la piel que se curte para hacer el cuero.

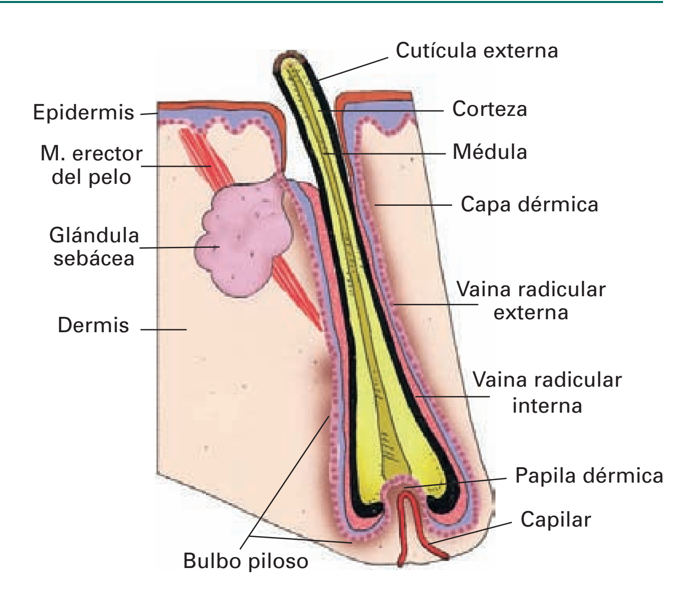


Figura 2-7. Esquema de un corte longitudinal del pelo y su folículo piloso.

La grasa subcutánea protege del frío y sirve de elemento amortiguador de presiones y golpes.

La grasa subcutánea tiene una clara diferenciación sexual en cuanto a su disposición. En la mujer se deposita preferentemente en las nalgas y caderas, y en el varón, en el abdomen.

Tipos de piel

Según el contenido de agua y de lípidos de la capa córnea de la piel, ésta puede ser normal, grasa o seca. La *piel normal* está bien hidratada y tiene un poco de grasa. Es lisa y firme. La *piel grasa* es rica en lípidos y mas o menos hidratada; tiene un aspecto brillante y un color mate, y los orificios pilosebáceos están dilatados. La *piel seca* puede serlo por deficiencia de hidratación o por deficiencia de secreción sebácea; su aspecto es de falta de brillo y tiene tendencia al enrojecimiento.

ANEJOS CUTÁNEOS

Los anejos cutáneos son las glándulas cutáneas, los pelos y las uñas.

GLÁNDULAS CUTÁNEAS

Las glándulas de la piel son las **glándulas sudoríparas ecrinas,** las **glándulas sudoríparas apocrinas** y las **glándulas**

sebáceas (Fig. 2-1). Cada tipo produce una secreción particular.

Las **glándulas sudoríparas ecrinas** producen el sudor. Se encuentran en casi toda la superficie corporal con excepción de los labios menores, el clítoris, el glande, la cara interna del prepucio y la zona roja de los labios. Son muy numerosas en la palma de la mano, la planta del pie y la frente. Están más desarrolladas en la raza negra.

Son glándulas tubulares simples con un extremo que se abre en la superficie y otro, profundo, que se enrolla formando un ovillo en la parte profunda de la dermis o en el tránsito a la tela subcutánea.

El ovillo constituye la porción secretora y el resto el conducto excretor. La pared de la porción excretora está formada por **células glandulares (claras** y **oscuras**) que bombean iones y agua, y están rodeadas de una membrana basal. Por dentro de la basal hay **células mioepiteliales** que ayudan a exprimir el sudor hacia el conducto.

El sudor contribuye al equilibrio hídrico del cuerpo y a la termorregulación y es una barrera de defensa frente a los microorganismos debido a su secreción ácida (pH 4.5), que inhibe el desarrollo de microorganismos en la piel.

Las **glándulas sudoríparas apocrinas** son glándulas sudoríparas modificadas. Se encuentran en la axila, la región genital y la zona perianal (glándulas perianales). Producen una secreción grasienta de aspecto lechoso y alcalina, la cual, al contacto con las bacterias de la piel, se descompone y produce un olor característico y desagradable.

El olor de esta secreción es uno de los elementos de reconocimiento de personas por los perros. Tienen poca importancia en el hombre, pero en los mamíferos, glándulas similares producen secreciones que son señales químicas para la conducta social y sexual.

La inflamación de las glándulas apocrinas se denomina **hidradenitis supurada**. Son frecuentes en la axila (**golondrinos**) y en la región perianal. Aparecen como nódulos muy dolorosos y fluctuantes que pueden llegar a ser bastante incapacitantes.

Además de las mencionadas, existen tres tipos especiales de glándulas apocrinas: las **glándulas ceruminosas** del conducto auditivo externo, las **glándulas ciliares** (*glándulas de Moll)* y las **glándulas de la aréola mamaria**. Estas glándulas se describen en los correspondientes capítulos.

Estructura. Es muy semejante a las glándulas apocrinas, con las siguientes singularidades: el ovillo de la porción secretora es más voluminoso y el conducto excretor se abre en la parte superior del folículo piloso.

Su desarrollo es estimulado por las hormonas sexuales. En la mujer hay variaciones con el ciclo menstrual y con la menopausia.

Las **glándulas sebáceas** están situadas en íntima relación con los folículos pilosos, en cuya porción superior desembocan. El pelo, la glándula sebácea y la glándula apocrina forman la denominada **unidad pilosebácea**. Producen una sustancia oleosa denominada *sebo*. Son estimuladas por las hormonas sexuales, por lo que completan su desarrollo en la pubertad.

Hay glándulas sebáceas por todo el cuerpo, excepto en los pies y en las palmas de las manos. En las zonas de tránsito mucocutáneas las glándulas son libres y no están asociadas a los pelos. En la cara y el cuero cabelludo son más grandes y numerosas.

Estructura. Son glándulas de tipo acinoso y tienen una porción secretora en forma de racimo y un pequeño conducto excretor. La porción secretora consta de unas **células basales** que se comportan como células madre. Las células hijas se desplazan hacia el interior de los racimos al tiempo que se llenan de lípidos y pierden el núcleo descamándose finalmente. Este tipo de secreción se denomina *holocrina*.

La función del sebo no es bien conocida, puede contribuir a hacer del pelo una formación más flexible y brillante y a la piel mas impermeable al agua debido a los ácidos grasos.

Acné. Es la inflamación de las glándulas sebáceas. Aparecen pequeños nódulos y pústulas (elevaciones de la piel con pus). Es más frecuente en la cara y durante la pubertad. Hay un acné superficial que forma los **comedones** o **espinillas** y se debe a la obturación de la desembocadura de la glándula sebácea.

PELO

El **pelo** es una estructura muy queratinizada que sobresale en la piel, y está contenida y se diferencia en el interior de una invaginación epidérmica denominada **folículo piloso** (Figs. 2-1 y 2-7).

En íntima relación con el folículo piloso se encuentra el **músculo erector del pelo**, las glándulas sebáceas y la desembocadura de las glándulas apocrinas. El conjunto constituye la *unidad pilosebácea*.

Hay pelos en toda la superficie corporal excepto en las palmas de las manos, las plantas de los pies, las falanges distales, el rojo de los labios, el glande, la superficie profunda del prepucio, la cara interna de los labios mayores, los labios menores, el clítoris, el pezón y, casi, generalmente, en la aréola mamaria. El pelo surge en la superficie por las líneas de tensión que delimitan los campos romboidales o poligonales de la piel.

El pelo tiene gran importancia en medicina forense para realizar identificaciones, valorar agresiones o abusos sexuales, diagnosticar intoxicaciones. El ADN

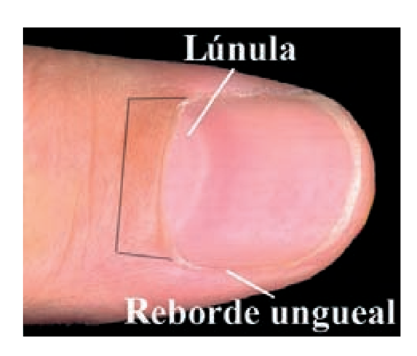


Figura 2-8. Uña. El recuadro negro indica la posición de la raíz ungueal.

nuclear o mitocondrial del pelo es hoy una prueba diagnóstica de gran valor en la identificación de personas. Determinados tóxicos como arsénico, plomo, talio, opiáceos, etc., se eliminan por el cabello y puede investigarse su presencia en sospechas de envenenamiento.

Tipos de pelo

Hay dos tipos de pelo: el **vello** y el **pelo terminal**.

El **vello** es un pelo fino, corto y poco pigmentado que recubre gran parte de la superficie cutánea. El **lanugo** es el vello del feto y del recién nacido; es algo más fino y desaparece al poco tiempo de nacer.

El **pelo terminal** es más grueso, largo y pigmentado. Se encuentra en determinadas zonas corporales donde recibe diversos nombres: **cabello** (pelo de la cabeza), **barba** (pelo de la cara y el cuello), **cejas** (en el arco supraorbitario), **pestañas** (en el borde libre de los párpados), **vibrisas** (en los orificios nasales), **tragos** (en el conducto auditivo externo), **pelo axilar**, **pelo púbico** y **pelo genital**.

El cabello adquiere distintas formas que constituyen caracteres raciales; puede ser *liso, ondulado, crespo, rizado* y lanoso.

En la raza blanca el cabello es liso u ondulado. En la raza negra es crespo, rizado o lanoso. En la raza amarilla es liso.

Excepto el cabello, las cejas y las pestañas, el resto del pelo comienza a diferenciarse en la pubertad bajo el influjo de las hormonas y tiene una distribución diferencial en los sexos que forma parte de los caracteres sexuales secundarios. En la mujer, a diferencia del varón, no hay pelo en el pecho. El vello del pubis de la mujer tiene una distribución triangular de base superior. En el varón, la distribución tiende a la forma romboidal llegando a la región umbilical, si bien la mitad superior es menos densa que la inferior.

Las vibrisas y los tragos se desarrollan a partir de la edad madura de la vida, y son más propios del varón. La raza blanca tiene más pelo que la negra.

Color

El color del pelo depende de la cantidad de melanina que liberan los melanocitos del bulbo piloso (véase más adelante). En las personas pelirrojas hay un pigmento amarillento (feomelanina). Por el color, el pelo puede ser *negro, moreno oscuro, castaño claro, rubio (con varias tonalidades)* y *bermejo.*

Estructura

El pelo consta de dos partes, el **pelo propiamente dicho** y el **folículo piloso** (Fig. 2-7).

El **pelo propiamente dicho** está formado por el **tallo** o porción libre, que sobresale en la piel, y la **raíz**, que se oculta en el interior del folículo piloso.

Está constituido por células muertas, restos queratinizados resultado de la diferenciación celular del folículo piloso. En el pelo fuerte se distinguen tres capas: la **cutícula externa**, formada por restos escamosos, la **corteza**, constituida por queratina muy pigmentada, y una zona central, la **médula**, formada también por queratina y restos de grasa, de pigmento y algunos espacios aéreos.

El **folículo piloso** es una invaginación tubular de la epidermis que penetra oblicuamente en la dermis y se expande en profundidad formando una pequeña dilatación denominada **bulbo piloso**, que puede llegar a ocupar la tela subcutánea. Si el pelo es rizado, el folículo se presenta retorcido. El bulbo es una zona de crecimiento y diferenciación del pelo. Por su extremo profundo está invaginado, a modo de campana, para recibir a la **papila dérmica**, una estructura de tejido conjuntivo laxo por donde penetran los vasos que nutren la zona de crecimiento del pelo. Contiene también **melanocitos**.

El folículo es un tubo revestido de capas epidérmicas y dérmicas. La **capa dérmica**, la más externa, es tejido conjuntivo. Las *capas epidérmicas* se organizan alrededor de la raíz del pelo en dos vainas que son continuación de las capas de la epidermis. Hay una **vaina radicular externa** constituida por las capas basal y espinosa de la epidermis, y una **vaina radicular interna** que corresponde a la zona de cornificación progresiva. La vaina radicular interna está formada, de fuera a dentro, por la **capa de Henle**, que contiene células cúbicas, la **capa de Huxley**, que se estructura en dos capas de células poliédricas, y la **capa de cutícula**, formada por células planas que se interdigitan con la capa cuticular del pelo haciendo de elemento de sujeción.

Crecimiento del pelo

El pelo terminal crece aproximadamente 1 cm al mes. El crecimiento es cíclico y se realiza en tres fases: *crecimiento, transición* y *reposo.* Finalmente, cae y es reemplazado por otro. La vida media del pelo es variable. El cabello puede

durar cinco años y las pestañas unos meses. Normalmente se pierden cien cabellos al día. El pelo crece gracias a las **células de la matriz** del bulbo piloso, que son las células del estrato basal que rodea la papila dérmica.

Durante la fase de crecimiento, las células de la matriz se dividen y diferencian en las sucesivas capas del pelo al tiempo que se desplazan hacia la superficie. Durante la fase de transición, las células se siguen diferenciando y queratinizando, y el bulbo piloso se va transformando en una **maza**. En la fase de reposo la maza asciende y se separa de la papila, y el pelo «muerto» es progresivamente expulsado. El pelo caído es reemplazado por uno nuevo que se genera a partir de restos de células basales de la vaina radicular externa que rodean la papila.

El crecimiento del cabello está controlado por las hormonas androgénicas.

Hirsutismo o hipertricosis. Es el crecimiento excesivo de pelo en zonas donde no suele haberlo. En la mujer puede ser un signo leve (sin mayor importancia que la estética) en algunas zonas de la cara y el entrecejo, o bien ser un signo de virilización por efecto de hipersecreción de andrógenos por la glándula suprarrenal o por un tumor hipofisario. Es frecuente observarlo en la menopausia a causa del déficit de estrógenos. En los casos leves se recurre por estética a la destrucción de los folículos pilosos; se emplean en la actualidad la electrólisis o el láser como métodos más eficaces.

Alopecia. Es la pérdida total o parcial del pelo. Puede afectar al cabello (**calvicie**) o a otras partes del cuerpo. La calvicie es muy común en varones; al principio hay debilidad del pelo, y luego una disminución progresiva del número de folículos pilosos. Parece ser que el número de folículos está establecido genéticamente. La alopecia puede deberse a diversas enfermedades o ser consecuencia del tratamiento del cáncer con citostáticos. Hay una **alopecia cicatricial** que se produce en las áreas que han sufrido quemaduras.

Músculo erector del pelo (Fig. 2-7)

Los **músculos erectores de los pelos** son finos fascículos de fibras lisas que se originan en la capa papilar de la dermis y se dirigen oblicuamente al revestimiento fibroso del folículo piloso, donde se insertan por debajo de la desembocadura de la glándula sebácea. Se sitúan en el lado hacia el que se inclina el folículo, razón por la cual, su contracción endereza el pelo (erizar el cabello, poner los pelos de punta), al tiempo que en la zona de inserción dérmica la piel se deprime y retrae provocando la denominada «piel de gallina». Están inervados por el sistema simpático y se contraen por efecto del frío o del miedo. La contracción de este músculo parece que contribuye a exprimir las glándulas sebáceas.

En la especie humana la función de erizamiento del pelo ha perdido el enorme significado que tiene en otras especies en la expresión de muy diversas conductas.

Están ausentes en las cejas, las pestañas, la barba, las vibrisas y los pelos del conducto auditivo externo.

UÑAS

Las **uñas** son formaciones epidérmicas queratinizadas en forma de lámina que se desarrollan sobre la cara dorsal de las falanges distales de los dedos.

Son vestigio de un sistema defensivo de los vertebrados: las garras de los carnívoros o las pezuñas de los ungulados. En la especie humana cumplen una función de protección de los extremos blandos de los dedos a los que confieren fuerza de agarre; contribuyen también a la discriminación sensitiva táctil de las yemas de los dedos al hacer de contrafuerte de las presiones que se ejercen sobre ellas. Esto se aprecia bien cuando se extirpa una uña, en cuyo caso se pierde gran sensibilidad en la yema del dedo afectado.

Partes y estructura

La uña consta de la **placa ungueal** o **uña propiamente dicha** y el **lecho ungueal** (Figs. 2-8 y 2-9).

La **placa ungueal** es una lámina cuadrilátera y semitransparente que se apoya sobre el lecho ungueal y se engasta por sus bordes en un rodete cutáneo denominado **reborde ungueal**. Consta de una parte visible, el **cuerpo**, y una **raíz** que se oculta en la porción proximal del repliegue ungueal, una hendidura muy estrecha de 1/2 cm de profundidad denominada **seno ungueal**. El cuerpo tiene un **borde libre**, de coloración blanco grisácea, que corresponde al borde de desgaste y de corte de la uña. El resto del cuerpo, a causa de su semitransparencia, tiene un tono rosáceo debido a los capilares del lecho ungueal subyacente. La raíz termina en un **borde oculto** en la profundidad del seno ungueal, en la cual se inserta. Entre la raíz y el cuerpo está la **lúnula**, una zona blanquecina de forma semilunar.

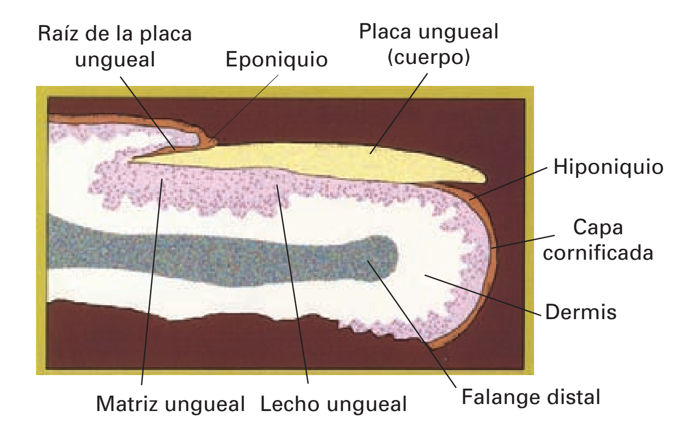


Figura 2-9. Esquema de un corte longitudinal a través de la uña y el lecho ungueal.

La placa ungueal está formada por numerosas capas de células cornificadas muy aplanadas.

El **lecho ungueal** es la piel subyacente a la placa. Está constituida por las capas germinativas de la epidermis (basal y espinosa) y por la dermis, la cual se une al periostio de la falange distal. La zona del lecho subyacente a la raíz y a la lúnula constituye la **matriz ungular**, desde donde se diferencia y crece la uña. Es una zona engrosada donde las células basales se dividen y diferencian; las células se desplazan en sentido distal haciendo crecer la uña al ritmo aproximado de 1 mm a la semana. El extremo distal del lecho es el **hiponiquio**, un engrosamiento del estrato córneo que se une al extremo libre del cuerpo de la uña. Las papilas dérmicas del lecho se disponen en **crestas paralelas longitudinales** y se corresponden con las estriaciones que se observan en la superficie de la placa ungueal.

El **reborde ungueal** está formado por los rodetes cutáneos donde se engasta la placa. Los rebordes laterales están separados del cuerpo de la uña por los **surcos ungueales**. El reborde proximal, que cubre la raíz y delimita con el lecho la entrada al seno ungueal, se extiende hacia delante cubriendo parcial o totalmente la lúnula mediante un borde cornificado denominado **eponiquio**.

Paroniquia. Es la infección, generalmente por estafilococos, que se produce alrededor de la placa ungueal como consecuencia de heridas de manicura, padrastros que se arrancan mal, uñas encarnadas, etc. Se forma un absceso purulento que es preciso drenar, y, en muchos casos, hay que quitar parte de la uña.

Si es necesario extirpar una uña, por traumatismo o infección, debe respetarse el lecho ungueal, pues de no hacerlo, la uña no puede volver a formarse.

Las uñas pueden faltar o estar muy poco desarrolladas (*hipoplasia*) en una nefropatía hereditaria denominada **síndrome uña-rótula**. Es una enfermedad rara, de origen genético, que afecta a la membrana de filtrado glomerular del riñón, y en la que hay lesiones óseas y ausencia o hipoplasia de las rótulas.

Vascularización de la piel

Las **arterias** que van a la piel discurren por el tejido subcutáneo. En el tránsito con la dermis forman una *red cutánea* de la que parten arteriolas superficiales hacia la dermis y otras profundas hacia la grasa subcutánea. Las arteriolas dérmicas vuelven a formar bajo las papilas un plexo vascular, la *red subpapilar*, de la que parten asas capilares al interior de las papilas. De este plexo salen vasos a las glándulas y a los folículos pilosos (Fig. 2-1).

La epidermis carece de vasos sanguíneos.

Las **venas** forman tres plexos: uno bajo la red subpapilar, otro en la capa reticular y el más grueso, *el plexo venoso laminar profundo*, en la unión entre la dermis y el tejido subcutáneo.

Las *anastomosis arteriovenosas* son muy abundantes y desempeñan un papel determinante en la regulación de la temperatura. En las zonas mas expuestas al frío, como los extremos de los dedos, las anastomosis adoptan una forma de ovillo (*glomérulos*), extraordinariamente inervados**.**

Úlceras por decúbito. Son lesiones greves que aparecen en la piel y los tejidos subyacentes por estrangulamiento de los vasos sanguíneos, principalmente los capilares, en pacientes que guardan cama mucho tiempo y no cambian de postura. Se producen generalmente en las zonas donde la piel cubre hueso y son rozadas por la presión de la cama: sacro, apófisis espinosa, trocánteres, escápula, etc. Es muy importante prevenirlas cambiando al paciente de postura y con medidas higiénicas como la limpieza de sábanas.

Linfáticos. La piel es extraordinariamente rica en vasos linfáticos que forman plexos en la dermis y entre la dermis y el tejido subcutáneo.

Inervación de la piel

La piel está ricamente inervada por fibras nerviosas sensitivas y por fibras vegetativas que se ramifican profusamente por las capas de la dermis (plexo nervioso dérmico).

Las **fibras sensitivas** (aferentes) forman parte de los nervios cutáneos y son las prolongaciones periféricas de las neuronas sensitivas de los ganglios espinales o de algunos ganglios craneales. Estas fibras se originan en receptores cutáneos en forma de terminaciones nerviosas libres o en corpúsculos sensitivos específicos. Recogen la sensibilidad general de la piel (presión, tacto, dolor, temperatura). También se originan, mediante terminaciones nerviosas libres, en los folículos pilosos y en los vasos sanguíneos. Las fibras del folículo piloso discurren por la superficie y el interior de las vainas que cubren la raíz del pelo y contactan con ella en algunos puntos.

Las **fibras vegetativas** son simpáticas posganglionares. Proceden de los ganglios de la cadena laterovertebral y llegan a la piel con los nervios cutáneos o rodeando las arterias cutáneas. Inervan los vasos sanguíneos, las glándulas sudoríparas y los músculos erectores de los pelos. En la terminación nerviosa se libera *noradrenalina*, excepto en el caso de las glándulas sudoríparas, donde el neurotransmisor es la *acetilcolina*. Las glándulas sebáceas no están inervadas; su actividad está regulada por hormonas de tipo androgénico, especialmente la *dihidrotestosterona*.

Envejecimiento de la piel

La *piel senil* es resultado del proceso general de envejecimiento, pero, a diferencia de lo que sucede en otros órga-

nos, las modificaciones que experimenta son visibles, lo cual, en las sociedades desarrolladas, donde la esperanza de vida se ha incrementado notablemente, se ha convertido en motivo de preocupación para muchas personas. En consecuencia, el cuidado de la piel se ha transformado en un importante objetivo de la sociedad.

La piel senil se caracteriza por la aparición de arrugas seniles, adelgazamiento cutáneo, sequedad y pérdida de elasticidad.

Los **pliegues** o **arrugas seniles** aparecen en diferentes partes del cuerpo, sobre todo en aquéllas donde la piel es muy móvil, como es el caso del rostro. Se deben a modificaciones progresivas del tejido conjuntivo de la dermis por efecto del envejecimiento. Hay pérdida de elasticidad por atrofia de las fibras elásticas, disminución del contenido acuoso y modificaciones de los componentes de la sustancia fundamental.

En nuestra sociedad occidental, sobre todo en la mujer, hay una preocupación cada vez mayor por la aparición de estas arrugas (las «patas de gallo» a los lados de los ojos, las arrugas de los labios) en el deseo de aparentar juventud. La cirugía plástica ha adquirido un gran protagonismo y se recurre al «lifting», con el que se consigue una desaparición temporal de las arrugas.

El adelgazamiento cutáneo afecta a la epidermis y a la dermis. En la epidermis hay una renovación más lenta de los queratinocitos y una reducción progresiva de los melanocitos (10 % cada 10 años), lo que implica una menor protección frente a las radiaciones. En la dermis hay atrofia de todos los componentes. El número de vasos sanguíneos disminuye y torna a la piel más pálida. La piel del anciano es más sensible al frío

Las **glándulas sudoríparas y sebáceas** disminuyen de número y actividad.

Las **uñas** crecen más lentamente, aumentan las estriaciones y en los pies las uñas se hacen más gruesas.

El **pelo** se vuelve cano[3] con el paso del tiempo. La aparición de canas suele iniciarse en el cabello de las regiones temporales. Se debe a la disminución de la melanina y a la presencia de burbujas de aire. Hay también una disminución progresiva del número de folículos pilosos, con la consiguiente alopecia.

[3] Del latín *canum* = blanco.

SECCIÓN III

APARATO LOCOMOTOR

CAPÍTULO 3

Generalidades del aparato locomotor

HUESOS
ARTICULACIONES
MÚSCULOS

El aparato locomotor es el conjunto de órganos que dan soporte, protección y movilidad al cuerpo humano; está formado por un armazón articulado, el **esqueleto,** y por los **músculos** que lo mueven.

El esqueleto soporta y da forma al cuerpo, permitiendo al mismo tiempo que sea una estructura móvil. Está formado por múltiples piezas que se unen entre sí por medio de **articulaciones**. En el embrión, las piezas esqueléticas son estructuras membranosas o cartilaginosas, pero, en el curso del desarrollo, la mayor parte de ellas se diferencian en componentes rígidos de tejido óseo, los **huesos**, en los que únicamente permanece cartílago en las zonas de contacto articular. Sin embargo, en regiones del cuerpo que requieren menos rigidez (por ejemplo, la pared torácica) el esqueleto óseo se complementa con piezas de cartílago.

Con arreglo a su disposición anatómica se distinguen dos grandes partes en el esqueleto: el *esqueleto axial*, formado por el cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón, y el *esqueleto apendicular*.

Desde el punto de vista evolutivo, el esqueleto axial es la parte más antigua y agrupa elementos correspondientes al *exosqueleto* (esqueleto dérmico) y al *endosqueleto* de los vertebrados primitivos. El esqueleto apendicular tiene su representación más antigua en las aletas pectorales y caudales de los peces y, a excepción de una parte de la clavícula, forma parte del endoesqueleto.

HUESOS (sistema óseo)

Los huesos son los órganos rígidos del aparato locomotor y cumplen las siguientes funciones: 1) constituyen palancas sobre las cuales actúan los músculos para producir los movimientos; 2) forman un armazón para el cuerpo y dan anclaje a los músculos; y 3) realizan funciones de protección elaborando cavidades (tórax, cráneo) donde se alojan diferentes órganos que deben de estar aislados de influencias externas. Dentro de las funciones de protección, es de resaltar que los huesos alojan en su interior a la **médula ósea**, que es el tejido formador de la sangre. Además de estas funciones ligadas al aparato locomotor, los huesos, desde el punto de vista metabólico, constituyen depósitos de calcio que puede ser movilizado a la sangre cuando es requerido en el organismo.

El esqueleto del adulto consta aproximadamente de 208 huesos (hay algunas variaciones, por ejemplo, en el número de piezas de la columna vertebral) sin contar los huesos suturales o wormianos (huesos inconstantes presentes en el cráneo) y los huesos sesamoideos (huesos también inconstantes que se forman en el espesor de algunos tendones). En el recién nacido, el número de huesos es algo mayor, ya que algunos huesos del adulto (por ejemplo, el hueso frontal) se forman por la fusión de dos o más elementos durante la niñez. En el adulto, y especialmente en los ancianos, el número de huesos puede reducirse

como consecuencia de la fusión de algunos de ellos. En el cráneo, por ejemplo, a partir de una cierta edad es prácticamente imposible separar unos huesos de otros.

Configuración externa de los huesos

Forma (Fig. 3-1)

Los huesos puede clasificarse, según su forma, en tres tipos:

Huesos largos. Son huesos en los que predomina un eje (longitud) sobre los demás (anchura y espesor). A este tipo pertenecen la mayor parte de los huesos de las extremidades (húmero, fémur etc.)

Huesos planos. Son huesos en los que predominan las dimensiones de dos ejes (anchura y longitud) sobre un tercero (espesor). A este tipo pertenecen los huesos de la bóveda craneal y algunos huesos de la parte más proximal de las extremidades, como la escápula o el coxal.

Huesos cortos. Son huesos en los que los tres ejes son de proporciones similares. A este tipo pertenecen las vértebras o los huesos del carpo y del tarso.

Características de los diferentes tipos de huesos

Huesos largos (Fig. 3-2)

Se distinguen en los huesos largos una parte central alargada, el **cuerpo** o **diáfisis**[1], y dos extremos voluminosos las **epífisis**[2] o **extremidades**. La zona de unión entre epífisis y diáfisis recibe el nombre de **metáfisis**[3].

[1] Diáfisis del griego *dia* = aparte, y *phycis* = crecimiento. Que mantiene el crecimiento en los extremos.
[2] Epífisis del griego *epi* = por encima y *phycis* = crecimiento. Por encima de la zona de crecimiento.
[3] Metáfisis del griego *meta* = después de.

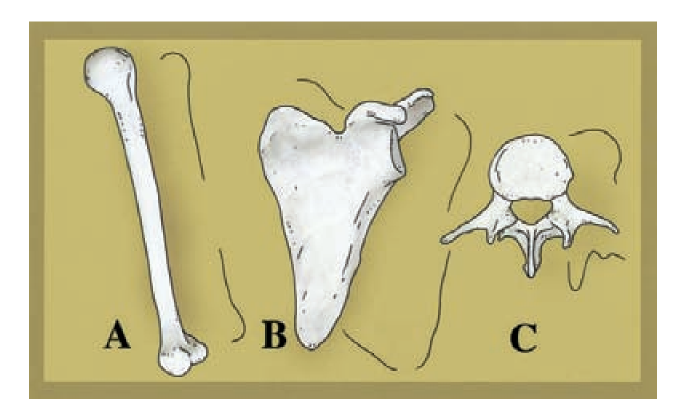


Figura 3-1. Tipos de huesos por su forma. A) Hueso largo. B) Hueso plano. C) Hueso corto.

En las epífisis se sitúan las superficies articulares, que en el hueso seco aparecen como superficies muy lisas y, en el vivo, están revestidas de cartílago articular. Todo el resto de la superficie del hueso, con la excepción de estas superficies articulares, está revestida de una lámina de tejido conectivo muy rica en vasos y nervios, el **periostio**.

El periostio consta de una capa externa **fibrosa** y una capa interna **celular**. En la capa fibrosa se sitúan los vasos y los nervios, y está formada por un tejido conectivo denso con algunas fibras elásticas y abundantes fibras colágenas. En las zonas de inserción de los músculos, las fibras del periostio se continúan con las de los tendones, y, en los extremos del hueso, con las de las cápsulas articulares. En profundidad la capa fibrosa del periostio está adherida a la superficie ósea por medio de haces de fibras que atravesando la capa celular penetran en el espesor del hueso (**fibras perforantes** o *de Sharpey*[4]). La capa celular (**capa osteogénica**) es muy fina y contiene células con capacidad formadora de hueso que permiten al hueso crecer en espesor.

La función productora de hueso del periostio se pone especialmente de manifiesto cuando se producen fracturas óseas. En estas condiciones, la capa celular se engruesa y desempeña un papel imprescindible reponiendo el hueso en la zona fracturada.

En toda la superficie del hueso pueden aparecer algunos pequeños orificios vasculares, pero en la diáfisis es constante un orificio vascular muy acentuado (pueden ser dos), el **agujero nutricio**.

Desde el punto de vista estructural, si se da un corte longitudinal al hueso se pueden apreciar los siguientes detalles:

La diáfisis está formada por tejido óseo compacto (véase estructura del hueso) y presenta una amplia cavidad a lo largo de toda ella, la **cavidad medular**, que contiene en su interior la **médula ósea**. El aspecto y la actividad funcional de la médula ósea de las diáfisis varian con la edad. En los niños su aspecto es rojizo (**médula ósea roja**), constituye un tejido formador de sangre y es el asiento de células madre de diferentes líneas celulares (véase también Sistema inmunitario). En el adulto, la médula ósea de la diáfisis está inactiva y acumula gran cantidad de grasa, por lo que recibe el nombre de **médula ósea amarilla** (en condiciones patológicas en las que se requiere un gran incremento de la producción de sangre, la médula ósea amarilla puede retomar su actividad funcional adquiriendo nuevamente el aspecto de médula ósea roja). La superficie ósea que delimita la cavidad medular es abrupta y está revestida de una lámina conectiva, el **endostio**, que posee una estructura similar a la de la capa celular del periostio y tiene potencialidad osteogénica.

Las epífisis carecen de cavidad medular y están constituidas por un tejido óseo de aspecto esponjoso (*tejido óseo esponjoso*) recubierto de una fina capa de *tejido óseo com-*

[4] William Sharpey, anatomista británico (1802-1880).

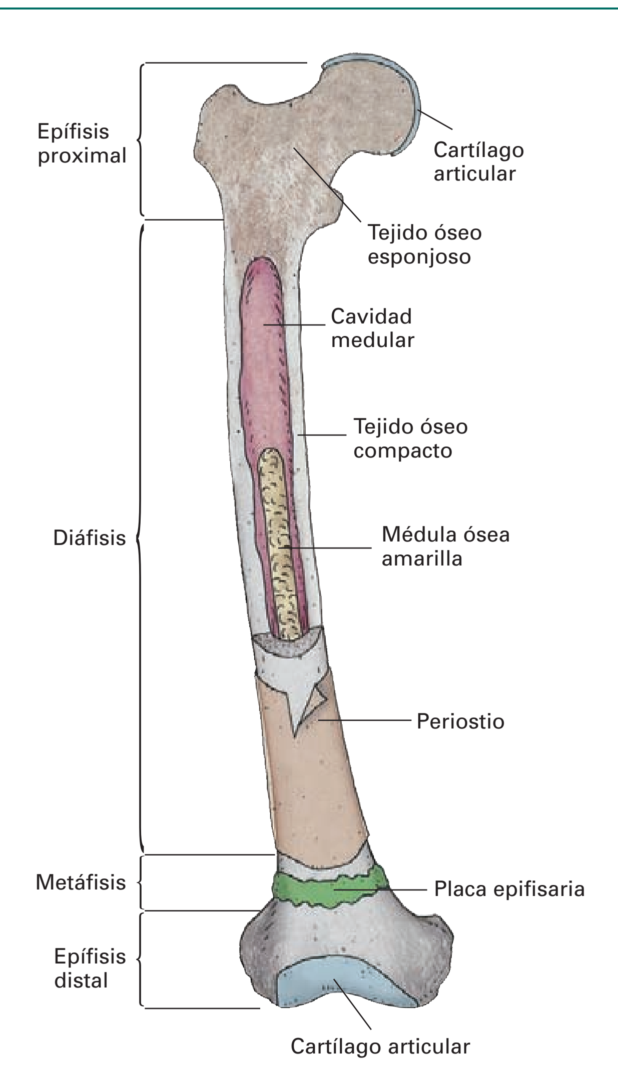


Figura 3-2. Partes y estructura de un hueso largo (fémur). La porción superior del hueso ha sido seccionada frontalmente para observar la estructura del hueso.

pacto. El tejido esponjoso está formado por una trama de *trabéculas óseas* que delimitan espacios ocupados por médula ósea roja.

Las metáfisis son las regiones de transición entre diáfisis y epífisis, y en las personas jóvenes están ocupadas por una placa de cartílago, **placa epifisaria** (*cartílago de crecimiento* o *cartílago de conjunción*), que, como se describirá más adelante, permite el crecimiento en longitud del hueso. La placa epifisaria es transparente a los rayos X, por lo que en las radiografías de sujetos jóvenes aparece como una zona en la que el hueso queda interrumpido (*línea epifisaria*), que no debe de ser confundida con una línea de fractura.

Huesos planos

En los huesos planos no existe una división en regiones como ocurre en los largos. Su superficie presenta una o varias zonas articulares para los huesos vecinos y una envoltura de periostio que únicamente excluye las superficies articulares. Estructuralmente están constituidos por una lámina externa de tejido óseo compacto que rodea una zona central de tejido óseo esponjoso.

En los huesos de la bóveda craneal se denomina **diploe** al tejido óseo esponjoso y **láminas** (**tablas**) a las envolturas externa e interna de tejido óseo compacto.

Huesos cortos (Fig. 3-3)

Los huesos cortos son similares a las epífisis de los huesos largos. Están formados por tejido óseo esponjoso rodeado de una lámina externa de tejido óseo compacto. En la superficie se dispone la envoltura de periostio, excepto en los puntos donde aparecen superficies articulares.

Vascularización de los huesos

Riego arterial (Fig. 3-4)

Las arterias que nutren los huesos largos tienen tres orígenes: 1) la arteria nutricia o diafisaria; 2) las arterias perióstícas; y 3) las arterias epifisarias y metafisarias.

La *arteria nutricia* se origina a partir de la arteria principal de la región a la que pertenece el hueso y penetra en la diáfisis a través del conducto nutricio hasta alcanzar la cavidad medular (algunos huesos poseen dos arterias nutricias), donde se divide en ramas ascendentes y descendentes que se dirigen hacia los extremos de la diáfisis. De estas ramas parten colaterales que nutren los tres cuartos internos del tejido óseo de la diáfisis y ramas internas que se distribuyen por la médula ósea.

Las *arterias periósticas* se originan de arterias vecinas (musculares, ligamentosas) y dan abundantes ramas de pequeño calibre que penetran en el espesor del hueso por unos finos canales vasculares (*canales de Volkmann*). Se distribuyen por la parte más externa de la diáfisis y establecen abundantes anastomosis con las ramas de la arteria nutricia.

Las *arterias epifisarias* y *metafisarias* proceden principalmente de las arterias que forman las redes vasculares periarticulares y se distribuyen por las epífisis y por la metáfisis. En las personas jóvenes que tienen todavía cartílago de crecimiento en la metáfisis, las ramas de estas arterias no se unen a las ramas de las arterias de la diáfisis, pero una vez que el hueso deja de crecer y desaparece el cartílago de crecimiento las anastomosis entre estas arterias y las diafisarias son abundantes.

Las huesos anchos y los huesos cortos se vascularizan por *arterias periósticas* similares al las de los huesos largos y por *arterias orificiales* que penetran en el espesor del hueso por orificios vasculares. Ambos sistemas establecen múltiples anastomosis.

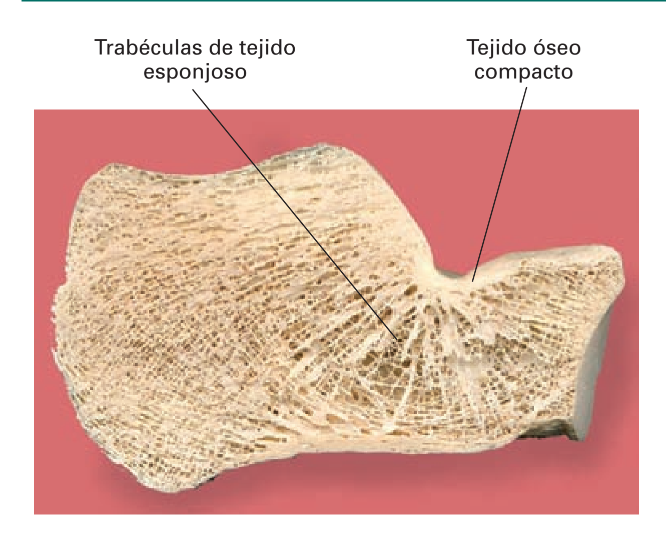


Figura 3-3. Sección de un hueso corto (calcáneo) para mostrar su estructura. Obsérvese la organización espacial de las trabéculas óseas según las líneas de carga y de tensión.

Drenaje venoso

En el interior de los huesos largos, a nivel de la diáfisis, las venas poscapilares confluyen en un colector venoso de paredes finas que se dispone en la cavidad medular (*gran seno central del hueso*). En las epífisis y huesos cortos también existen unas formaciones venosas similares que adoptan el aspecto de lagos o sinusoides venosos. Desde estos colectores venosos parten numerosas venas que acompañan en sentido inverso a los vasos arteriales.

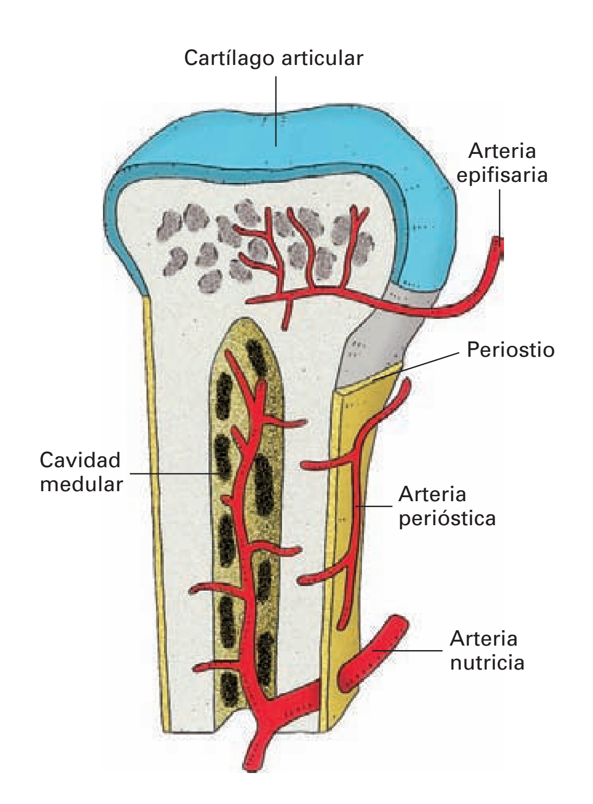


Figura 3-4. Esquema de la vascularización arterial de un hueso largo. La epífisis y la diáfisis han sido seccionadas frontalmente. En el lado derecho, el periostio ha sido seccionado antes de unirse al cartílago articular.

Drenaje linfático

La presencia de vasos linfáticos en los huesos es un tema controvertido. En general, se admite que existe un drenaje linfático del periostio y, al menos, de la parte más superficial de los huesos.

Inervación de los huesos

Los huesos están inervados por fibras mielínicas y amielínicas que acompañan a los vasos sanguíneos distribuyéndose por la superficie perióstica, por el espesor del hueso e incluso alcanzan la médula ósea. Dentro de estas fibras se incluyen fibras sensitivas que inervan al periostio y fibras vegetativas para las paredes de los vasos sanguíneos, para el periostio y, posiblemente, para elementos del tejido óseo.

Las fibras vegetativas utilizan una amplia variedad de neurotransmisores peptídicos, tales como *péptido Y*, *sustancia P* y *péptido intestinal vasoactivo* (*VIP*); algunos de éstos parecen desempeñar un papel importante en el control de la osificación (véase Control de la osificación).

Dentro del componente sensitivo, la presencia de fibras que recogen información del dolor son abundantes, lo que hace que el periostio sea particularmente sensible a los desgarramientos y a la tensión. El dolor originado en los huesos puede sentirse localmente, pero en la mayoría de las ocasiones es un dolor difuso que se irradia desde la zona afectada.

Estructura del hueso (Figs. 3-3, 3-5 a 3-7)

Los huesos están formados por **tejido óseo**, que es una variedad de tejido conectivo especializado en el soporte de cargas. Como tejido conectivo especializado contiene elementos celulares y gran cantidad de material extracelular (matriz ósea). El lector debe consultar los tratados de histología para estudiar los detalles de la estructura del tejido óseo, pero hay algunos aspectos básicos necesarios para entender las funciones del hueso que exponemos en este apartado.

1. El tejido óseo es un tejido en constante renovación. A lo largo de toda la vida, el tejido óseo sufre un proceso continuo de producción y de destrucción. La intensidad de ambos procesos (producción y destrucción) está regulada por diferentes factores, incluidos factores hormonales y

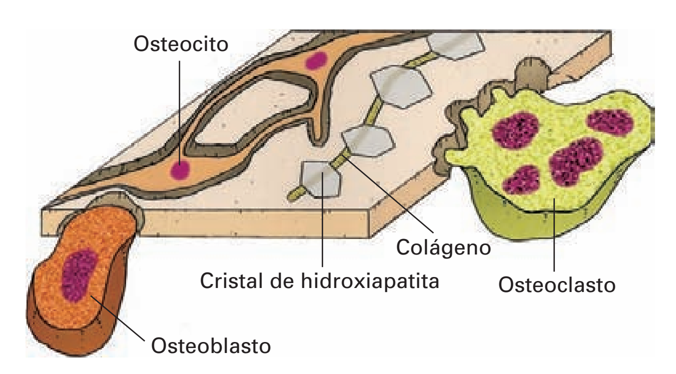


Figura 3-5. Esquema para mostrar los componentes estructurales del tejido óseo. La matriz de una lámina ósea contiene lagunas ocupadas por osteocitos, fibras colágenas y cristales de hidroxiapatita. Los osteoblastos construyen el hueso y se transforman en osteocitos. Los osteoclastos destruyen el hueso.

factores mecánicos, a los que está sometido el hueso. De esta forma, como veremos más adelante, los huesos mantienen permanentemente una adaptación de su forma a la función mecánica de soporte que realizan.

2. El tejido óseo consta de tres poblaciones celulares principales (Fig. 3-5): los **osteocitos**, que son las células maduras del tejido óseo, los **osteoblastos**, que constituyen las células formadoras de la matriz ósea y que, cuando terminan su maduración, se transforman en osteocitos, y los **osteoclastos**, que son células polinucleares cuya función es la de destruir el hueso ya formado. El balance entre la actividad de los osteoblastos y los osteoclastos es responsable de que predomine la producción o la destrucción de hueso en un momento dado y en una zona concreta del hueso.

La *osteoporosis* se debe a un predominio patológico de la destrucción de hueso (osteólisis) y da lugar a huesos frágiles que se deforman por no ser capaces de adaptarse a las cargas habituales que deben soportar y con frecuencia se fracturan de forma espontánea.

3. La matriz extracelular del hueso (matriz ósea) es muy abundante y su característica principal es que, además de los elementos típicos de la matriz extracelular (fibras colágenas) y algunas proteínas específicas de hueso (*osteocalcina*, *osteonectina* y *osteopontina*), presenta depósitos de sales de calcio (*hidroxiapatita*) que confieren propiedades físicas especificas al hueso (rigidez, dureza y resistencia a tracciones y presiones).

4. La organización básica del tejido óseo es en láminas (Fig. 3-5) de pocas micras de espesor. Estas láminas están formadas por una matriz ósea en la que las fibras colágenas siguen una orientación precisa para adaptarse mejor a las cargas y tracciones a la que es sometido el hueso. En el espesor de la lámina se sitúan los osteocitos. Los osteocitos están totalmente rodeados de matriz salvo por finos canalículos mediante los cuales establecen contactos con otros osteocitos vecinos y reciben nutrientes y gases que difunden desde capilares próximos a la lámina. Asociados de una forma variable a la lámina, según la situación que ésta ocupe en el espesor del hueso, se disponen los capilares sanguíneos y vénulas acompañados, generalmente, de nervios. Los osteoblastos se disponen en la vecindad de los vasos y producen matríz ósea hasta que son rodeados completamente por ésta, diferenciándose entonces en osteocitos. Por este procedimiento los osteoblastos generan nuevas láminas óseas que quedan adosadas a las formadas con anterioridad. Los osteoclastos alcanzan las láminas óseas desde la sangre cuando son activados. Su función es destruir las láminas óseas.

5. Existen dos formas de tejido óseo, el **tejido óseo compacto** (Fig. 3-6 y 3-7) y el **tejido óseo esponjoso** (Fig. 3-3), los cuales se diferencian por su aspecto macroscópico y por la forma de ordenarse las láminas óseas en su espesor.

El *tejido óseo compacto* (Fig. 3-6 y 3-7) tiene un aspecto macroscópico macizo, sin huecos en su espesor, y la disposición de sus láminas óseas presenta dos formas diferentes.

En la superficie del hueso, las láminas forman unas envolturas completas para el hueso, denominadas **láminas circunferenciales**. Normalmente, el número de láminas circunferenciales es pequeño y forma una especie de corteza para la superficie ósea.

Profundamente a esta corteza de láminas circunferenciales, las láminas óseas se organizan alrededor de los vasos formando columnas íntimamente acopladas unas a otras, denominadas **osteonas** (*conductos de Havers*[5]). Cada osteona tiene un eje (**canal central**) en el que discurren los capilares y vénulas poscapilares y una pared formada por varias láminas óseas superpuestas. Los osteoblastos se sitúan en el canal central, en la vecindad de los vasos, y van generando nuevas capas de láminas óseas. El número de capas que se pueden añadir a cada osteona viene delimitado por la distancia desde el vaso central hasta la lámina más externa. Si la osteona alcanza diámetros que son incompatibles con la nutrición de sus capas más externas, los osteocitos degeneran y la osteona es destruida por los osteoclastos.

La producción y la destrucción de osteonas está regulada por mecanismos hormonales generales y por factores mecánicos locales. De esta manera, si en una región determinada del hueso predomina la acción osteogénica se van incrementando el número y las capas de las osteonas. Si, por el contrario, predomina la acción osteoclástica se destruyen progresivamente las osteonas, quedando como restos láminas de tejido óseo, denominado **hueso intersticial**, que se disponen en los espacios delimitados por osteonas vecinas.

El tejido óseo esponjoso tiene un aspecto trabeculado con innumerables huecos en su espesor, donde se disponen cú-

---

[5] Clopton Havers, anatomista inglés (1650-1702).

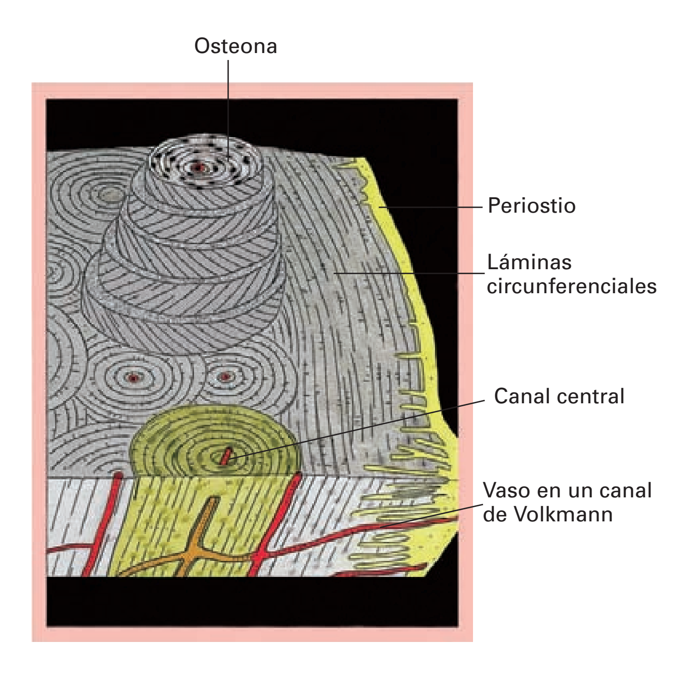


Figura 3-6. Esquema de la organización del tejido óseo en la diáfisis de un hueso largo. Bajo el periostio (en amarillo) el tejido óseo forma láminas superpuestas, más profundamente las láminas se agrupan alrededor de los vasos sanguíneos formando osteonas.

mulos de médula ósea roja. A diferencia del tejido óseo compacto, en el tejido óseo esponjoso la formación de hueso no se realiza utilizando como eje un vaso sanguíneo, sino que tiene lugar de forma aparentemente más desordenada, ya que la nutrición se efectúa partir de los vasos situados en los huecos intertrabeculares ocupados por médula ósea roja. Por este motivo, las láminas óseas del tejido óseo esponjoso se agregan de forma más irregular formando trabéculas y espículas óseas que rodean las lagunas de médula ósea. Sin embargo, la producción y destrucción de hueso también está regulada por factores mecánicos, de forma que las trabéculas tienden a orientarse según las líneas de carga a las que está sometido el hueso.

Las células progenitoras de los osteoblastos asientan en la médula ósea y alcanzan las zonas del hueso donde luego se localizan a través de la sangre. Sin embargo, parece probado que diversas células del tejido conectivo pueden también diferenciarse hacia la línea osteoblástica y, en algunas condiciones, formar hueso ectópico en sitios anómalos. Así, con la edad, diversos cartílagos del organismo pueden osificarse y, experimentalmente, se puede inducir hueso en el espesor de los músculos o en la dermis mediante la inyección de factores de crecimiento de la familia de las *proteínas morfogenéticas de hueso* (BMP). El origen de los osteoclastos es diferente del de los osteoblastos, ya que proceden de la fusión de células progenitoras mononucleares que, aunque asientan también en la médula ósea, pertenecen a la línea celular de los macrófagos.

Desarrollo de los huesos

Desde el punto de vista anatómico, un aspecto importante de los huesos es que su tamaño es un factor determinante no sólo para establecer la estatura del individuo, sino también para el tamaño de las diferentes cavidades del organismo. Debido a este hecho, el desarrollo de los huesos tiene lugar de forma lenta y progresiva, y su crecimiento sólo termina cuando ya lo han hecho los órganos de otros aparatos, ya que de otra manera, se impediría el desarrollo de los órganos alojados en cavidades de paredes óseas.

En algunas circunstancias patológicas, los huesos del cráneo agotan su crecimiento de forma precoz y se forma una cavidad craneal de volumen insuficiente que impide el desarrollo del encéfalo. Del mismo modo, alteraciones en el crecimiento de cavidad torácica o de la cavidad pélvica también dan lugar, respectivamente, a alteraciones del aparato respiratorio y de la capacidad reproductora de la mujer.

Los primeros esbozos de los huesos se forman en estadios muy tempranos del desarrollo embrionario, pero el establecimiento del esqueleto óseo definitivo del adulto no se completa hasta después de la pubertad. Existen dos tipos diferentes de formación de huesos, denominados **osificación membranosa** y **osificación condral**.

En la *osificación membranosa*, el hueso se forma a partir de una «maqueta» de tejido conectivo mesenquimatoso ricamente vascularizada, constituida por condensación de células mesenquimatosas embrionarias. En el curso del desarrollo, algunas de las células de este tejido se diferencian en células osteogénicas y se agrupan en focos que comienzan a producir matriz ósea. Inicialmente, la matriz ósea carece de depósitos de sales de calcio, y se denomina **sustancia osteoide**. Posteriormente, se produce el depósito de sales de calcio característica del tejido óseo. La osificación intramembranosa tiene lugar en la formación de los huesos planos de la cavidad craneal y de una parte de la mandíbula y de la clavícula. Los huesos formados por este procedimiento reciben el nombre de **huesos de membrana**.

En la *osificación condral* el esbozo inicial del hueso está formado por tejido cartilaginoso revestido de una fina lámina conectiva, el **pericondrio**, y en el curso de su maduración, el cartílago no se diferencia hacia hueso, sino que degenera y es sustituido por hueso. Con la excepción de los huesos de membrana mencionados antes, todos los demás huesos del organismo se desarrollan mediante osificación condral y se denominan **huesos cartilaginosos**.

El proceso de osificación condral tiene lugar de forma complementaria desde la superficie del esbozo a partir de pericondrio (**osificación pericondral**) y en el espesor de tejido cartilaginoso donde se forman unos puntos bien definidos de osificación (**osificación endocondral**).

La osificación pericondral es característica de las diáfisis de los huesos largos y consiste en la transformación del

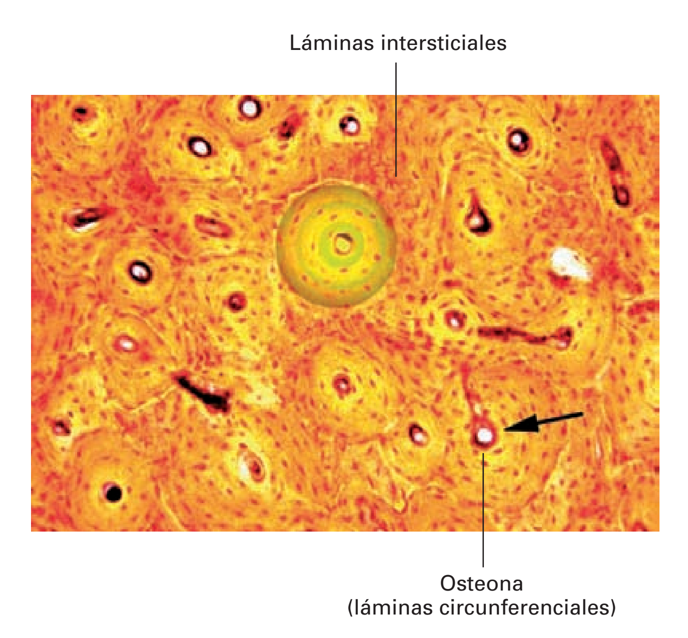


Figura 3-7. Sección histológica de una diáfisis que ilustra la organización en osteonas del tejido óseo compacto. En verde se ha resaltado la organización en capas concéntricas de una osteona. La flecha señala la posición del eje vascular de una osteona.

pericondrio del cartílago en periostio con capacidad osteogénica, el cual deposita láminas concéntricas de tejido óseo en la superficie de la diáfisis.

La osificación endocondral sigue un proceso gradual más complejo. El primer cambio de este proceso tiene lugar en zonas bien definidas del esbozo de cartílago del hueso y consiste en la diferenciación de las células cartilaginosas hacia lo que se denomina cartílago hipertrófico, el cual conduce a la degeneración y muerte de estas células. Concomitantemente a esta alteración, tiene lugar la penetración de vasos sanguíneos desde la superficie del periostio hacia las zona de cartílago degenerado. Acompañando a los vasos sanguíneos invasores, llegan también células osteogénicas para formar hueso alrededor de las ramificaciones vasculares y sustituir al cartílago degenerado. A pesar de que la degeneración del cartílago se acompaña de depósito de sales de calcio, la matriz ósea formada inicialmente por los osteoblastos, al igual que ocurría en la osificación intramembranosa, carece de depósitos de calcio (sustancia osteoide). Junto con los vasos alcanzan el hueso células pluripotentes que formarán la médula ósea.

> En los niños deficientes en vitamina D, la cantidad de sustancia osteoide en los huesos está incrementada debido a un déficit en el depósito de calcio en el hueso. A esta afección se la denomina **raquitismo** y puede ocasionar deformidades óseas por ser los huesos menos resistentes.

Centros de osificación (Fig. 3-8)

El proceso de osificación de los huesos cartilaginosos tiene lugar de forma progresiva iniciándose a partir del tercer mes de vida embrionaria y prolongándose en la vida posnatal hasta después de la pubertad. Las zonas donde comienza la osificación de los huesos cartilaginosos son los **centros de osificación**, y lo habitual es que cada hueso posea varios centros.

En los huesos largos siempre hay un **centro diafisario** (**centro primario de osificación**) y otros **centros epifisarios** (**centros secundarios de osificación**).

Centros primarios de osificación

Los centros diafisarios de osificación son los que aparecen de forma más precoz (a partir del tercer mes de vida embrionaria). Comienzan en la parte media de las diáfisis e incluyen osificación en el espesor del cartílago y en la superficie perióstica. En el curso del desarrollo se expanden en dirección a las epífisis. Una vez que se establecen estos centros de osificación, la actividad de los osteoclastos en el centro de la diáfisis labra la cavidad medular donde se aloja la médula ósea.

Centro secundarios de osificación

Los centros epifisarios de osificación, con la excepción de la epífisis distal del fémur y la proximal de la tibia, aparecen después del nacimiento, por lo que, con estas excepciones, las epífisis del recién nacido son cartilaginosas y, por tanto, transparentes a los rayos X. Habitualmente, hay un centro de osificación en cada epífisis que se localiza en su parte central, expandiéndose hacia la periferia hasta sustituir por completo el cartílago por hueso, salvo las zonas donde asientan las superficies articulares que permanecen como cartílago. Los relieves óseos presentes en las epífisis pueden presentar también centros de osificación secundarios independientes.

Placa epifisaria (Fig. 3-9 y 3-2)

En la zona limite entre la diáfisis y la epífisis (metáfisis), permanece durante largo tiempo una placa de cartílago denominada **placa epifisaria** (**cartílago de conjunción** o de **crecimiento**). El cartílago de la placa epifisaria muestra un claro gradiente de diferenciación funcional desde el extremo próximo a la epífisis, al extremo próximo a la diáfisis. Las células más próximas a la epífisis permanecen en reposo (*zona de reposo*) y a continuación, se dispone una región donde las células se dividen intensamente (*zona proliferativa*). El eje de división de estas células mantiene una orientación constante, perpendicular al eje mayor del hueso, dando lugar a un crecimiento polarizado del cartílago en sentido longitudinal, y determina que las células resultantes de las sucesivas divisiones adopten un disposición característica en forma de columnas (*cartílago colum-*

nar). A continuación de la zona proliferativa, se dispone una región donde las células del cartílago columnar se transforman progresivamente en cartílago hipertrófico (*zona hipertrófica*) hasta que degeneran y se calcifican (*zona de cartílago calcificado*). Estas zonas de cartílago calcificado son invadidas desde la diáfisis por vasos acompañados de osteoblastos que sustituyen al cartílago degenerado por tejido óseo (*zona de formación de hueso*). De esta manera, el balance entre proliferación del cartílago y la sustitución por tejido óseo determina que el hueso crezca en longitud. Cuando la proliferación del cartílago disminuye, la osificación avanza en dirección a la epífisis hasta eliminar por completo el cartílago de crecimiento. A partir de este momento, el hueso ya no puede seguir creciendo en longitud. A este proceso, que se puede identificar perfectamente en una placa radiográfica por la ausencia de la interrupción radiotransparente de la metáfisis del hueso, se le denomina *cierre de la epífisis*.

La osificación de los huesos planos y cortos sigue tiene lugar de forma similar al de las epífisis de los huesos largos.

Patrón temporal de la osificación

La osificación del esqueleto sigue un patrón temporal muy preciso y característico para cada uno de los huesos. En las mujeres, los diferentes centros de osificación aparecen más pronto que en los varones, lo que explica su menor estatura. Podemos resumir la cronología de la aparición de los centros de osificación con los siguientes datos: 1) los centros diafisarios de osificación aparecen antes del nacimiento; 2) los centros epifisarios de los huesos largos aparecen antes de los cinco años de edad y se expanden, hasta los 12 años en las niñas y hasta los 15 en los niños (con las excepciones de la epífisis distal del fémur y la proximal de la tibia, cuyos centros de osificación se detectan en el último mes de vida fetal, y del centro presente en el extremo interno de la clavícula, que aparece entre los 18 y 20 años); 3) la unión entre diáfisis y epífisis tiene lugar antes de los 25 años (con la excepción de la clavícula, en la que su extremo interno puede permanecer unido al resto del hueso por un cartílago de crecimiento hasta los 30 años).

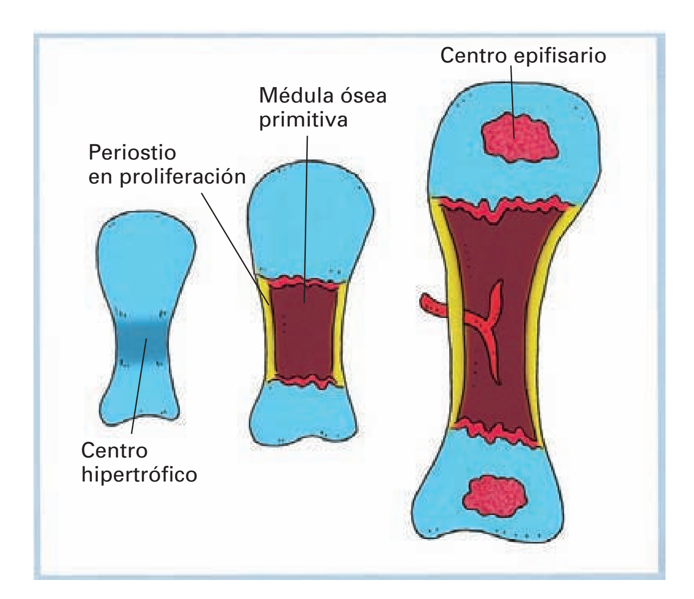


Figura 3-8. Esquema de tres etapas sucesivas de la osificación de un hueso largo. A la izquierda, maqueta cartilaginosa con cartílago hipertrófico en la diáfisis. En el centro, maqueta de hueso con el centro de osificación primario en la diáfisis. A la derecha, ya han aparecido dos centros secundarios de osificación en ambas epífisis.

> La presencia de los centros de osificación se detecta, en medicina, mediante la exploración radiológica. En obstetricia se valora la madurez del feto comprobando la presencia de centros de osificación (la aparición de los centros epifisarios del fémur y de la tibia coincide con el estadio en que el feto ha alcanzado la madurez para el nacimiento). En pediatría se emplea el concepto de edad ósea (la que corresponde al patrón de osificación del esqueleto) para evaluar el desarrollo del niño.
>
> En medicina forense los patrones de osificación constituyen un instrumento fundamental para determinar la edad en restos cadavéricos de personas jóvenes.

Analizando la morfología de huesos fósiles de especímenes jóvenes de diferentes homínidos, se ha podido detectar que un cambio importante surgido en el curso de la evolución del hombre ha sido el incremento del período de crecimiento óseo. Según los datos obtenidos, este hecho se debió a un incremento del período de adolescencia de las personas, con el consiguiente retraso en los procesos de osificación.

Crecimiento del hueso

Las características estructurales del hueso imponen condicionantes importantes a su crecimiento. Inicialmente, mientras los huesos permanecen en su fase de esbozo cartilaginoso o de membrana conectiva el crecimiento no presenta ningún inconveniente. Las características de elasticidad de estos tejidos no impide que las células se dividan y que segreguen materiales extracelulares, por lo que los esbozos óseos en este período pueden expandirse a lo largo de todos sus ejes (**crecimiento intersticial**). Sin embargo, con la mineralización del tejido se crean unas condiciones de rigidez que impiden el crecimiento intersticial. En estas circunstancias, el hueso dispone de mecanismos específicos para crecer en espesor y en longitud. El **crecimiento en espesor** es posible a lo largo de toda la vida y se produce por la aposición de nuevas capas de tejido óseo en la superficie del hueso, a partir del periostio. El **crecimiento en longitud** se realiza a partir de la placa epifisaria de los huesos largos (descrita anteriormente) y se agota cuando ésta desaparece.

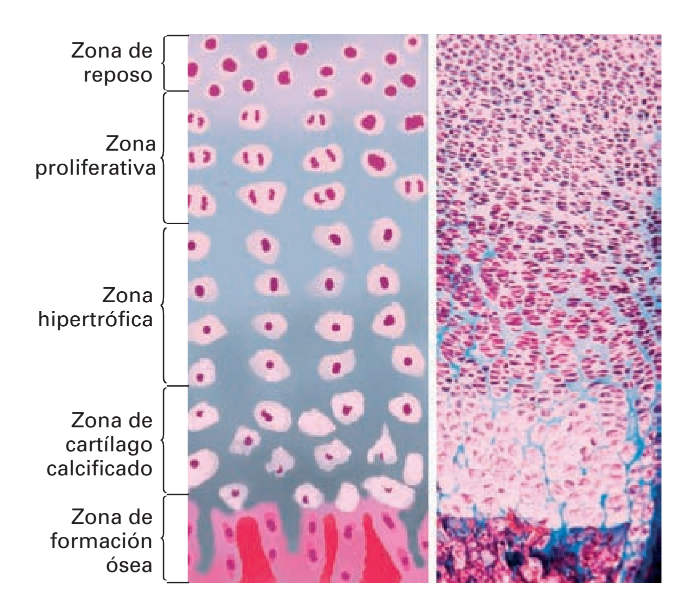


Figura 3-9. Sección histológica (derecha) y representación esquemática (izquierda) de la placa epifisaria.

Un hecho interesante respecto al crecimiento longitudinal de los huesos es que la contribución de las dos placas epifisarias al crecimiento del hueso no es necesariamente igual. El fémur, el cúbito y el radio crecen en longitud a expensas principalmente de la placa epifisaria inferior, mientras que en el húmero ocurre lo contrario. En el caso de la tibia y el peroné, ambas placas epifisarias crecen de manera similar.

En el caso de los huesos planos del cráneo, el crecimiento de tamaño (incremento de su superficie) se debe en gran medida a la proliferación de las células osteogénicas presentes en sus bordes que permanecen sin osificar durante un largo período en las zonas donde se unen con los huesos vecinos (véase, no obstante, Crecimiento del cráneo).

Las alteraciones de la placa epifisaria son responsables de graves alteraciones del crecimiento. La lesión de la placa epifisaria en un hueso en crecimiento puede impedir que el hueso alcance su tamaño adecuado. Para recuperar el tamaño normal del hueso una vez que se ha cerrado la epífisis, es necesario realizar maniobras quirúrgicas de alargamiento del hueso (véase apartado de Remodelación ósea). La fusión prematura de todas las placas epifisarias origina una forma de enanismo (*acondroplasia*) caracterizado por personas en las que el tronco tiene dimensiones normales, mientras que las extremidades son mucho más pequeñas.

Control del crecimiento y osificación de los huesos

El crecimiento y la osificación de los huesos están controlados por factores genéticos, factores hormonales sistémicos, factores tróficos locales, factores nutricionales, factores nerviosos y factores mecánicos.

Los **factores genéticos** son los factores fundamentales para determinar la talla del individuo y su acción puede establecerse a través del control de los demás factores. Los factores genéticos no sólo afectan el control del tamaño de los huesos, sino a la proporción entre los diferentes huesos del cuerpo, lo que determina la existencia de diferencias raciales en las características morfológicas del esqueleto (dimensiones del cráneo, tamaño relativo entre tronco y extremidades).

El control del crecimiento óseo por **hormonas** producidas en las glándulas de secreción interna es complejo, y diversas alteraciones hormonales causan importantes alteraciones en el crecimiento del esqueleto. Son de destacar las acciones de las siguientes hormonas (véase Sistema endocrino): 1) La *hormona del crecimiento*, producida en la hipófisis; 2) las *hormonas sexuales*; 3) las *hormonas tiroideas*; 4) las *hormonas paratiroideas* (PTH); y, 5) la *calcitonina*, producida en las células parafoliculares de la glándula tiroides.

Los **factores de crecimiento locales** constituyen una amplia variedad de factores tróficos producidos en el propio hueso que controlan la proliferación y diferenciación celular actuando sobre receptores específicos. Incluyen miembros de la familia de los *factores transformantes beta* (TGFβ), especialmente las *proteínas morfogenéticas del hueso* (BMP), y *factores de crecimiento fibrolásticos* (FGF).

El papel de los **factores mecánicos** en el crecimiento y la osificación del hueso es complejo. Diversos estudios experimentales han puesto de manifiesto que la forma primitiva de los esbozos embrionarios de los huesos es independiente de los factores mecánicos. Sin embargo, el crecimiento del hueso en las personas jóvenes está notablemente influido por la actividad mecánica. Este efecto se pone de relieve en situaciones patológicas en las que la acción de los músculos está impedida por una parálisis (por ejemplo, en la *poliomielitis*), que se acompaña de una reducción muy acentuada del tamaño de los huesos exentos de la acción muscular. Debe también señalarse aquí que hábitos mecánicos o posturales desarrollados durante la infancia pueden dar lugar a importantes modificaciones y alteraciones del esqueleto que permanecen en el adulto.

Dentro de los **factores nutricionales** tienen importancia, por un lado, el aporte proteico y de calcio y fósforo al organismo, y, por otro, algunas vitaminas, como la vitamina C, que es necesaria para la síntesis de colágeno, y, especialmente, la vitamina D, que desempeña un papel fundamental en el metabolismo del calcio.

El **control nervioso** se realiza a través de la inervación del periostio por fibras que caminan con los nervios simpáticos y utilizan como neurotransmisor el *péptido intestinal vasoactivo* (VIP). Este neurotransmisor estimula de forma muy potente la resorción ósea. (Las fracturas que se acompañan de sección de estas fibras nerviosas suelen inducir la formación de callos hipertróficos.)

Remodelación ósea

Tal como se ha indicado anteriormente, los huesos están sometidos a una remodelación continua mediante un proceso equilibrado de producción y destrucción ósea. La remodelación del hueso es particularmente intensa en los períodos iniciales de su formación.

Así, el hueso recién formado, independientemente de que su desarrollo tenga lugar por osificación membranosa o endocondral, presenta una estructuración muy primitiva (*hueso fibrilar* o *hueso plexiforme*) caracterizada por la ausencia de organización laminar del hueso y de ordenación de las fibras colágenas de la matriz ósea. Este hueso inmaduro pasa por una fase intermedia de maduración en la que adquiere una estructuración laminar primitiva consistente en la formación de osteonas provisionales (*osteonas primitivas*), que son finalmente sustituidas, tras la intervención de los osteoclastos, por hueso maduro organizado en laminas acopladas a los vasos sanguíneos, que contiene osteonas definitivas (*osteonas secundarias*).

Desde el punto de vista mecánico, el hueso fibrilar es *isotrópico*, es decir, responde de igual manera a cualquier fuerza que le sea aplicada, mientras que el hueso laminar está especializado en resistir fuerzas aplicadas con una dirección concreta (fuerzas paralelas a la dirección de las fibras presentes en la matriz ósea).

La remodelación ósea es también importante a lo largo de toda la vida del hueso. Por un lado, mediante esta propiedad, el hueso modifica de forma permanente su forma y estructura para adaptarlas a la función mecánica que desempeña. Esta modificación, aunque tiene lugar de forma lenta, es muy importante por estar sometida al control de los factores mecánicos que actúan sobre el hueso. Así, el hueso incrementa la producción ósea en las zonas a las que es sometido a tensión. En contraste, la ausencia de carga mecánica (por ejemplo, tras el reposo o en ausencia de gravedad) induce la resorción del hueso. La presión continua ejercida sobre un hueso promueve la resorción.

Por otro lado, mediante esta propiedad el hueso consigue contrarrestar los efectos del envejecimiento, ya que permite renovar, en los ancianos, la matriz ósea degenerada para conservar las propiedades físicas del hueso (los huesos de los jóvenes, en los que la tasa de resorción y producción es más rápida, son menos frágiles que los huesos de los sujetos de edad avanzada, en los que la remodelación ósea es más lenta).

El efecto de las acciones mecánicas en la remodelación ósea constituye una base fundamental de los tratamientos de *ortodoncia* para corregir la posición de los dientes, ya que, combinando adecuadamente presiones sobre las piezas dentarias, se modifica el modelado del hueso donde éstos se implantan y permite realizar pequeños desplazamientos de las mismas para realinearlas adecuadamente.

Reparación de las fracturas óseas

Cuando un hueso sufre una rotura, se pone en marcha un proceso de reparación específico que es capaz de restablecer el hueso roto soldando los extremos de la fractura por medio de la formación de nuevo tejido óseo. Se trata, pues, de un proceso de regeneración más que de la formación de una cicatriz. Los primeros cambios en la fractura son los generales de toda herida (hemorragia, inflamación) y van seguidos por la proliferación de células desde el periostio y endostio, que forman un cúmulo celular muy vascularizado denominado *callo blando de fractura* que, posteriormente, se osifica. El hueso inicial es hueso inmaduro (hueso fibrilar), pero, mediante los cambios descritos en el apartado de remodelación ósea, se reestructura restableciendo la forma primitiva del hueso.

La potencialidad del hueso para restablecer fracturas se utiliza en clínica para alargar huesos anormalmente cortos. En estos tratamientos se hace una sección del hueso y se coloca un dispositivo que permita alargar muy lentamente el callo de fractura. Mediante este procedimiento se pueden conseguir alargamientos muy considerables de los huesos.

ARTICULACIONES (sistema articular)

Las articulaciones son las regiones donde los huesos se ponen en contacto. Desde el punto de vista funcional, el papel esencial de las articulaciones es permitir la movilidad del esqueleto, evitando que éste constituya un mero soporte rígido del organismo. Sin embargo, la movilidad no es la única función de las articulaciones. En regiones, como el cráneo, donde el esqueleto desempeña un papel primordial de protección, la función de las articulaciones es la de permitir el crecimiento de los huesos y conferir elasticidad al estuche rígido formado por éstos.

Las articulaciones están presentes en todos los vertebrados, incluso en aquéllos en que sus piezas esqueléticas están formadas por cartílago (peces cartilaginosos), a pesar de que la flexibilidad del esqueleto en estas especies no requeriría la presencia de articulaciones para permitir la movilidad.

Tipos de articulaciones

Las articulaciones se han clasificado tradicionalmente, siguiendo un criterio mixto, funcional y estructural, en tres grandes grupos:

Sinartrosis (Fig. 3-10). Son articulaciones sin movilidad, en las que los extremos óseos se unen uno a otro por medio de un tejido conectivo fibroso o cartilaginoso. El ejemplo más característico de este tipo de articulaciones lo constituyen las uniones entre los huesos de la bóveda craneal. Con gran frecuencia, estas articulaciones son solamente temporales y en el curso de la vida, los huesos que contactan de esta manera se fusionan.

Se distinguen diferentes tipos de sinartrosis atendiendo al tejido que establece la unión entre los huesos y a la morfología de las superficies óseas que entran en contac-

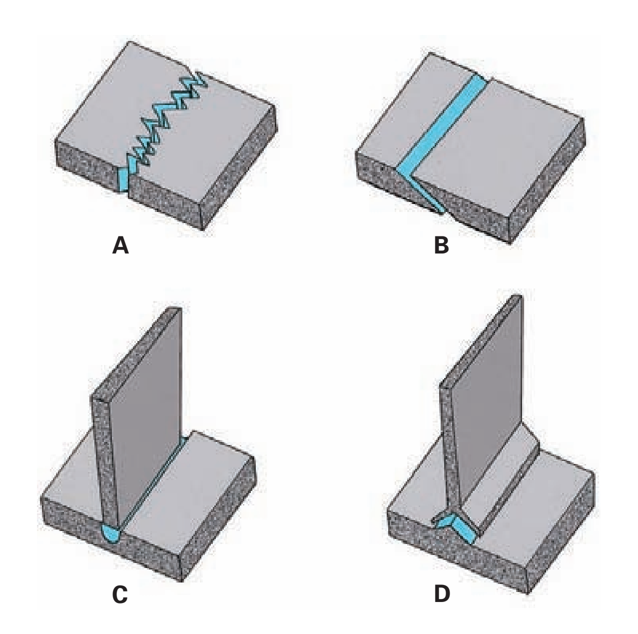


Figura 3-10. Tipos de sinartrosis. A) Sutura dentada; B) sutura escamosa; C) sutura armónica; D) esquindilesis.

to. Así se habla de **sinfibrosis** o **suturas** cuando el tejido de unión es fibroso y las superficies quedan íntimamente acopladas. Los extremos óseos que contactan en las suturas pueden adoptar diferentes formas, entre las que se incluyen superficies óseas formando indentaciones (*suturas dentadas*), superficies óseas cortadas a bisel (*suturas escamosas*), superficies planas o rugosas íntimamente acopladas (*suturas armónicas*) o superficies en forma de cresta que se encaja en una ranura (*esquindilesis*); **sincondrosis** cuando el tejido de unión es cartilaginosos; y **sindesmosis** cuando las superficies en contacto son amplias y están unidas por un potente dispositivo fibroso muy desarrollado (ligamento interóseo). El ejemplo más característico de éstas últimas es la articulación entre los extremos distales de la tibia y el peroné.

Anfiartrosis (articulaciones semimóviles). Son articulaciones en las que la movilidad es muy pequeña y los extremos óseos se unen uno a otro por un tejido fibroso o fibrocartilaginoso. La unión entre los extremos óseos está con frecuencia reforzada por manojos fibrosos (ligamentos) dispuestos en la periferia del fibrocartílago articular. Un ejemplo característico de este grupo lo constituye la sínfisis del pubis, donde los dos huesos coxales se unen por medio de una plaquita de fibrocartílago que permite pequeños desplazamientos que dan elasticidad a las paredes de la pelvis.

La unión entre el sacro y el coxal se engloba dentro de este grupo de articulaciones, pero recibe el nombre de **anfidiartrosis** por existir una cavidad articular en el espesor del tejido fibroso de unión articular.

Diartrosis (*articulaciones sinoviales.* Fig. 3-11). Son articulaciones que se caracterizan por una gran movilidad y que, desde el punto de vista de su estructura, son de gran complejidad. Este tipo de articulaciones son las responsables de conferir movilidad al esqueleto, pero, además, poseen dispositivos para asegurar la inmovilidad de las superficies articulares cuando se requiere que predomine la función de soporte.

Los siguientes rasgos son característicos de las articulaciones diartrodiales:

1. Las superficies articulares son totalmente independientes y están revestidas de cartílago articular.
2. Los medios de unión fibrosos se sitúan periféricamente a la superficies articulares, formando una cápsula fibrosa que delimita una cavidad articular.
3. La cápsula fibrosa presenta un revestimiento interno sinovial responsable de la producción de líquido sinovial, el cual ocupa la cavidad articular y facilita el movimiento.

ARTICULACIONES DIARTRODIALES

Estructura (Figs. 3-11 a 3-13)

Aunque existe una enorme variedad morfológica y funcional de articulaciones diartrodiales, todas ellas se caracterizan por poseer los siguientes elementos estructurales:

Superficies articulares. Son los extremos óseos que contactan a nivel de la articulación. Su forma es muy variada y, como veremos, permite distinguir diferentes variedades de articulaciones. En los huesos largos se sitúan en las epífisis y en los huesos cortos y planos forman relieves bien definidos de la superficie ósea.

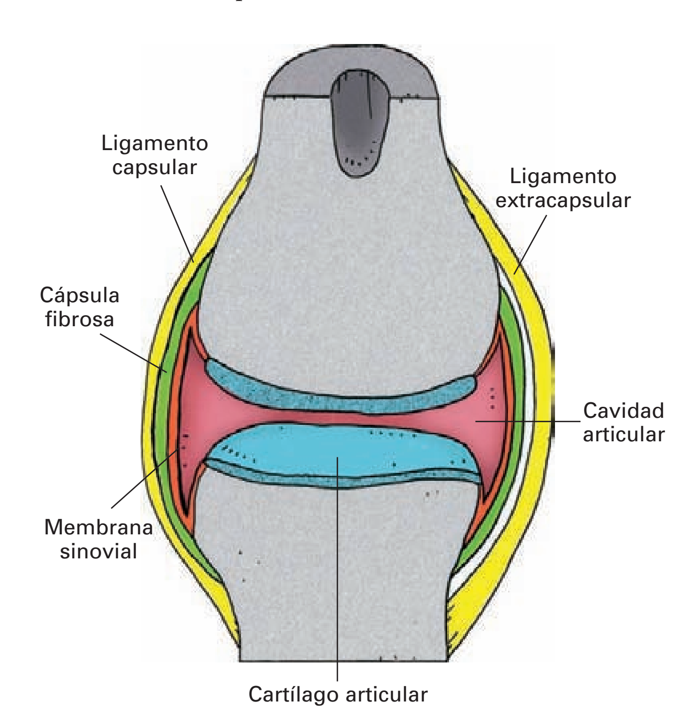


Figura 3-11. Esquema de una articulación diartrodial abierta y seccionada frontalmente para mostrar sus componentes.

En la mayor parte de los casos, el contacto articular se establece únicamente entre dos superficies articulares (**articulaciones simples**); se denomina superficie macho a la de mayor tamaño y hembra a la menor, pero en una misma articulación pueden contactar tres o más superficies óseas (**articulaciones compuestas**). En ocasiones, dentro de las superficies que establecen contacto articular se disponen formaciones fibrosas o fibrocartilaginosas que actúan como superficies articulares adicionales (**articulaciones complejas**).

Cartílago articular. Es una capa de cartílago, generalmente hialino, que reviste por completo las superficies articulares. En las personas adultas el espesor de cartílago articular no suele superar los 2 mm, pero en los jóvenes puede alcanzar, en algunas articulaciones, hasta 7 mm. En general, el espesor del cartílago es mayor en las articulaciones más móviles y en las zonas de la superficie articular que soportan más presión.

El cartílago articular no posee nervios ni vasos, y se nutre principalmente por imbibición a partir del líquido sinovial. Esta dependencia del líquido sinovial determina que, en ausencia del tratamiento adecuado, las alteraciones patológicas de la membrana y del líquido sinovial se compliquen rápidamente por procesos destructivos del cartílago articular.

> La integridad del cartílago articular es esencial para mantener la función de la articulación, ya que facilita el deslizamiento de las superficies articulares y amortigua las presiones que éstas sufren. Si el cartílago articular desaparece, como consecuencia de traumatismos o por otros procesos patológicos, se produce una lesión grave de la articulación, caracterizada por el rápido desgaste del hueso de las superficies articulares como consecuencia del rozamiento directo de las superficies óseas.
>
> Los fragmentos de cartílago articular desprendidos al interior de la cavidad articular, como consecuencia de traumatismos, son capaces de sobrevivir aislados, e incluso desarrollarse, ya que su nutrición está asegurada por el líquido sinovial, requiriendo en ocasiones su extracción quirúrgica. A estas estructuras desprendidas en el interior de la articulación se les denomina en clínica «ratones articulares».

Cápsula fibrosa. Constituye el elemento básico de unión de las articulaciones. Se dispone a modo de un manguito fibroso entre los extremos óseos articulares. La inserción tiene lugar a una distancia variable del contorno de las superficies articulares recubiertas de cartílago. En general, la inserción de la cápsula fibrosa se aleja tanto más del contorno del cartílago articular cuanto más móvil sea la articulación. El espesor y la resistencia de la cápsula fibrosa varían mucho de unas articulaciones a otras. En general, la cápsula fibrosas es más laxa cuanto más móvil es la articulación.

Membrana sinovial. Es una membrana delgada y transparente que reviste el interior de la articulación, con excepción de los cartílagos articulares. Es decir, tapiza toda la cara interna de la cápsula fibrosa y también la porción de hueso no articular que queda comprendida dentro de la articulación, ya que se une en el contorno del cartílago articular. La membrana sinovial es muy rica en vasos sanguíneos y su papel primordial es producir y renovar el líquido sinovial.

Cuando la inserción de la cápsula fibrosa en los huesos está muy alejada del borde del cartílago articular, la porción de la membrana sinovial que reviste el hueso se hace muy prominente estableciendo unas amplias expansiones de la cavidad articular que reciben el nombre de **fondos de saco sinoviales**. En las articulaciones con más movilidad, la membrana sinovial tiende a formar pliegues que se proyectan hacia la cavidad articular (**pliegues sinoviales**). Los pliegues sinoviales cumplen la función de rellenar los incrementos del volumen de la cavidad articular originados al ejecutar algunos movimientos.

> La membrana sinovial es capaz de reconstituirse en pocos meses después de ser amputada quirúrgicamente (*sinovectomía*).

Líquido sinovial (*sinovia*). Es el líquido producido por la membrana sinovial que ocupa el interior de la articulación. Tiene un aspecto viscoso y transparente como la clara de huevo. Se forma por diálisis del plasma sanguíneo y contiene, además, *mucina* (glucoproteína cuyo polisacárido principal es el *ácido hialurónico*) segregada activamente por las células de la sinovial, lo que le confiere sus características propiedades físicas. En las articulaciones sanas el contenido de líquido sinovial es muy escaso, pero su papel en la dinámica articular es fundamental.

Se pueden asignar al líquido sinovial tres funciones: 1) lubrica la superficies articular reduciendo el rozamiento de los cartílagos articulares; 2) nutre al cartílago articular; y 3) actúa a modo de refrigerante de la articulación, distribuyendo el calor generado por el roce de la superficies articulares.

> De lo mencionado antes se puede deducir fácilmente que la perdida del líquido sinovial como consecuencia de una herida en la articulación, se acompaña indefectiblemente de alteraciones del cartílago articular, ya que se incrementa el desgaste mecánico que éste sufre y, además, se compromete su nutrición.
>
> La membrana sinovial y su derivado, el líquido sinovial, son muy vulnerables a diversas situaciones patológicas del sujeto cuando éstas afectan a la sangre. Así, la contaminación de la sangre por gérmenes, como consecuencia de procesos infecciosos de diferentes regiones del organismo, conduce con frecuen-

cia a infecciones de la articulación (*artritis septicémicas*) al verse afectada la sinovial. Del mismo modo, alteraciones metabólicas como la *gota*, en la que hay un incremento del *ácido úrico* en sangre, provocan la acumulación de sales de este producto en el líquido sinovial (*artritis gotosa*).

Cavidad articular. Es el espacio interior de la articulación ocupado por líquido sinoval. Se delimitada entre los cartílagos articulares y la membrana sinovial. Es condiciones fisiológicas, es un espacio virtual, ocupado por el líquido sinovial, que forma una especie de película para las superficies articulares. La presión dentro del espacio es negativa.

En diferentes condiciones patológicas, como hemorragias intraarticulares (*hemartros*) o infecciones articulares (*artritis infecciosas*), la cavidad articular se encuentra dilatada debido a un exceso de producción de líquido sinovial o a la acumulación de sangre en su interior, o de exudado purulento.

Ligamentos. Son refuerzos fibrosos dispuestos en la vecindad de la articulación. Contribuyen, junto con la cápsula fibrosa, a mantener la cohesión entre los extremos articulares y a delimitar la movilidad de la articulación, impidiendo movimientos no deseados. La forma de los ligamentos es muy variada; pueden aparecer como cintas o cordones, o ser simplemente una zona engrosada de la cápsula fibrosa.

Según su posición con respecto a la cápsula fibrosa, se pueden clasificar en: *ligamentos extracapsulares*, cuando se disponen por fuera de la cápsula fibrosa; *ligamentos capsulares*, cuando son espesamientos de la cápsula fibrosa; y *ligamentos intracavitarios* o intracapsulares, cuando se disponen dentro de la cápsula fibrosa. En este último caso, los ligamentos siempre quedan aislados de la cavidad articular por medio de la sinovial.

Las lesiones de los ligamentos son muy frecuentes y su rotura recibe el nombre de **esguince**. Con frecuencia, el diagnóstico de un esquince se pone de manifiesto por la posibilidad de realizar movimientos exagerados o anormales en la articulación, lo que da una idea de su función como elementos de freno del movimiento. Las lesiones graves de la cápsula fibrosa y de los ligamentos se acompañan con frecuencia de pérdida de la continuidad articular, quedando los extremos óseos desalineados (**luxación**).

La acción de los ligamentos fibrosos está reforzada por los músculos y tendones periarticulares, que actúan como verdaderos *ligamentos activos* contribuyendo a la cohesión de la articulación.

Además de los elementos mencionados hasta ahora, comunes a todas las articulaciones diartrodiales, cuando las superficies articulares no son suficientemente concordantes, aparecen estructuras fibrocartilaginosas intraarticulares cuyo fin es incrementar la concordancia entre las superficies articulares. Estos elementos articulares inconstantes son:

Discos y meniscos articulares (Fig. 3-12). Los **discos articulares** son tabiques de fibrocartílago que se disponen entre las dos superficies articulares y se unen, en su parte periférica, a la cápsula fibrosa. Actúan como una verdadera superficie articular extra, interpuesta entre los dos extremos óseos articulares. No están revestidos de sinovial, por lo que la articulación queda dividida en dos cámaras (cá-

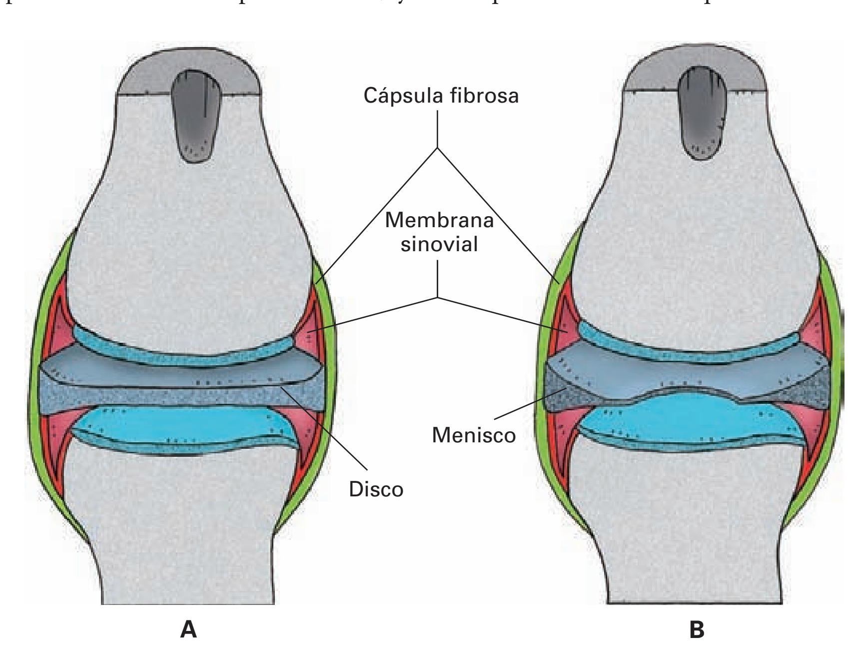


Figura 3-12. Esquema de articulaciones diartrodiales provistas de disco articular (A) y de menisco articular (B).

mara supradiscal y cámara infradiscal) con una membrana sinovial independiente en cada una de ellas.

Los **meniscos** son discos perforados en el centro. Al igual que los discos, la presencia de meniscos determina que la membrana sinovial quede dividida en dos sectores independientes, pero la división de la cavidad articular es sólo incompleta, ya que las cámaras suprameniscal y la inframeniscal se comunican en la zona central del menisco.

Rodetes articulares (Fig. 3-13). Son anillos de fibrocartílago que se unen alrededor de las cavidades articulares con el fin de incrementar su superficie. Tienen, por tanto, un borde adherente en el contorno de la superficie articular y un borde libre que queda proyectado en la cavidad articular. Al igual que los discos carecen de revestimiento de sinovial, y se comportan como una extensión del cartílago articular.

Tipos de articulaciones según la forma de las superficies articulares (Fig. 3-14)

Planas o artrodias. Las dos superficies articulares son planas. Permite deslizamientos.

Trocoides o trochus. Una de las superficies tiene forma de segmento de cilindro hueco y la otra de segmento de cilindro macizo. Permite la realización de giros.

Troclear o bisagra. Una de las superficies tiene forma de polea con una garganta central y la otra tiene un aspecto de tenaza que se adapta a la polea.

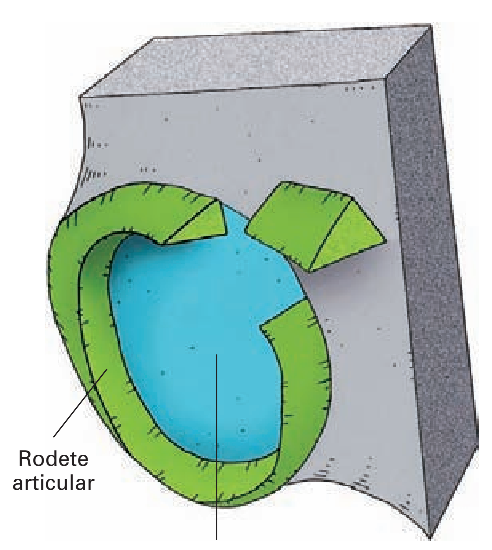


Figura 3-13. Ilustración de un rodete articular asociado al contorno de una superficie articular en el que se ha seccionado un pequeño fragmento para reconocer sus superficies y bordes.

Condíleas. Las superficies son segmentos elipsoidales de disposición opuesta, una cóncava y la otra convexa.

Silla de montar (*de unión recíproca*). Simulan el aspecto de un jinete sobre la silla de montar. Cada una de las superficies es cóncava en un sentido y convexa en el otro.

Enartrosis. Una de las superficies tiene forma de segmento de esfera maciza (convexa) y la otra de esfera hueca (cóncava). Cuando el segmento de esfera es pequeño (1/3 de esfera) se denominan **esféricas**, y cuando es de mayor tamaño, **cotílicas**.

Dinámica articular

La función de las articulaciones diartrodiales es doble, por un lado, permitir el movimiento, y por otro, ser capaces de impedirlo cuando la función requerida sea la de sustentación o soporte de cargas.

Para adaptarse a la función de soporte, las articulaciones adoptan una posición que se denomina **posición de cierre**, que se caracteriza por máxima congruencia entre las superficies articulares, máxima tensión de los ligamentos y mínima movilidad. Cuando la articulación se dispone en las condiciones opuestas al cierre (mínima tensión ligamentosa, mínima congruencia entre las superficies articulares y máxima movilidad) se dice que está abierta (**posición abierta**).

> Los traumatismos de las regiones articulares del esqueleto producen preferentemente fracturas de los huesos cuando éstos afectan a las articulaciones en posición de cierre y luxaciones cuando afectan a las articulaciones en posición abierta.

Los movimientos posibles de una determinada articulación dependen principalmente de la forma de las superficies articulares, pero también de la disposición de los ligamentos y, como es natural, de la existencia de músculos con el adecuado momento de fuerza para desarrollar los desplazamientos.

Los movimientos que pueden presentar las articulaciones pueden ser pequeños deslizamientos de una superficie articular sobre la otra (p. ej., articulaciones planas) o amplios desplazamientos de un extremo articular sobre el otro según diferentes ejes. Los movimientos se denominan:

Flexo-extensión, cuando se realizan según un *eje transversal* al cuerpo completo. Durante la flexión los huesos se acercan uno a otro, y es la extensión sucede lo contrario.

Aproximación-separación (**abducción-aducción**), cuando se realizan según un *eje anteroposterior* al cuerpo completo. En el movimiento de separación el extremo óseo se aleja de eje longitudinal de cuerpo, y lo opuesto ocurre en la aproximación.

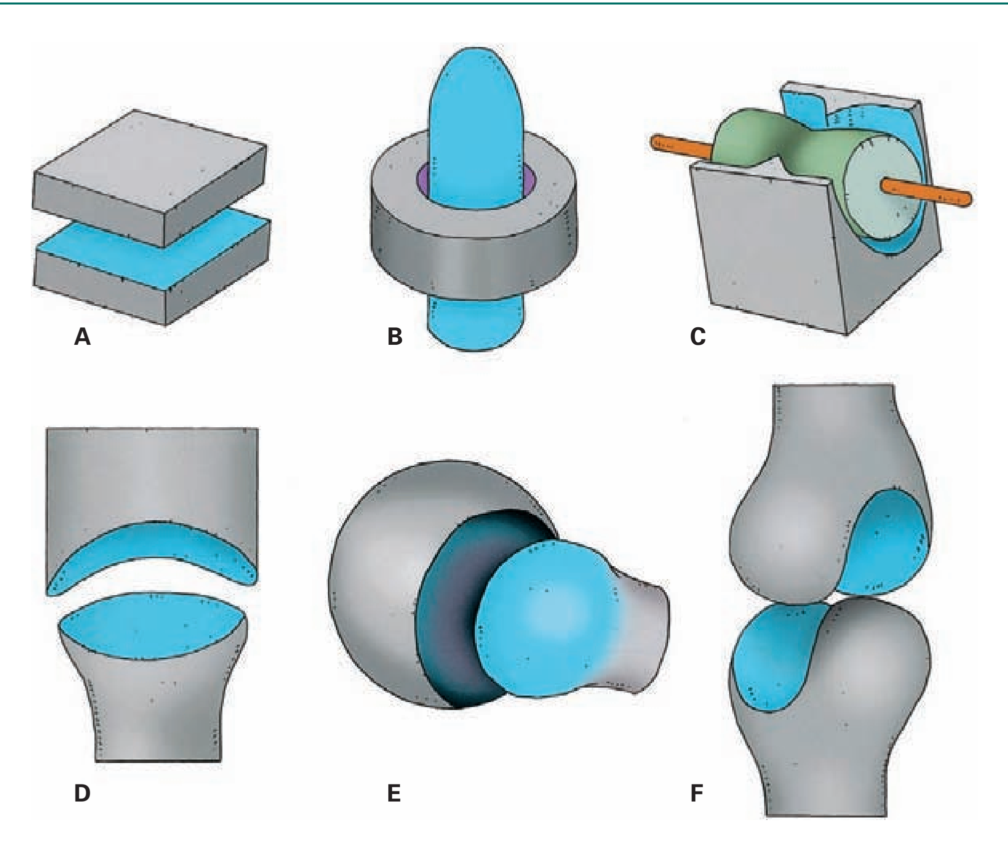


Figura 3-14. Esquema de los diferentes tipos de articulaciones diartrodiales de acuerdo a su forma. A) artrodia; B) trocoide; C) troclear; D) condílea; E) enartrosis; F) en silla de montar.

Rotaciones, cuando se realizan según un *eje longitudinal*. En la rotación externa la cara anterior del hueso se aleja de eje longitudinal, y la rotación interna es el movimiento opuesto.

Circunducción, es el movimiento que resulta de la combinación de los movimientos descritos anteriormente, por ejemplo, flexión, aproximación y rotación interna.

Tipos de articulaciones según su movilidad

Se pueden clasificar las articulaciones según su movilidad en: 1) articulaciones que permiten únicamente **deslizamientos** (se corresponden con las articulaciones planas o artrodias); 2) articulaciones **uniaxiales**, que poseen sólo un grado de libertad ya que realizan los movimientos según un único eje; en unos casos permiten sólo giros (caso de las articulaciones de tipo trocoide) y en otros permiten únicamente flexo-extensiones y se denominan lineales (caso de las articulaciones trocleares); 3) articulaciones **bi-axiales** (superficiales con dos grados de libertad), que permiten movimientos en dos ejes diferentes y los extremos óseos al desplazarse puede dibujar una superficie (caso de las articulaciones condíleas y de las en sillas de montar); 4) articulaciones **tri-axiale**s (superficiales con tres grados de libertad), que permiten movimientos en tres ejes diferentes y los extremos óseos al desplazarse dibujan una superficie (caso de las enartrosis); y 5) articulaciones **espaciales** (tridimensionales); en este caso los extremos óseos pueden cambiar de plano y en lugar de dibujar una superficie son capaces de recorrer una esfera. Estos movimientos sólo son posibles si se considera la participación de varias articulaciones al mismo tiempo para desempeñar una función común (**complejos articulares**).

Exploración de las articulaciones en el ser vivo

La inspección de la articulación mediante la palpación, o mediante la exploración de los movimientos que puede realizar, proporciona una información importante sobre el estado de la articulación. La exploración física de la articulación puede complementarse con las siguientes técnicas:

Radiología. Aporta datos sobre el estado de las superficies articulares y sobre la disposición de la interlínea articular.

Artrografía. Mediante esta técnica se puede explorar la cavidad articular, y consiste en hacer radiológicamente visible la cavidad articular inyectando contrastes (generalmente aire: *artrografía gaseosa*).

Artroscopia. Consiste en la visualización directa del interior de la articulación utilizando un fino dispositi-

vo óptico que se introduce mediante punción en la articulación.

Resonancia magnética. Es una técnica de gran utilidad clínica ya que permite analizar con precisión la morfología de los componentes articulares.

Inervación de las articulaciones

Las articulaciones están finamente inervadas tanto por ramas sensitivas de los nervios periféricos, como por nervios vegetativos.

La inervación sensitiva de las articulaciones parte de los nervios periféricos y recoge información sobre tensión y estiramiento de la cápsula fibrosa y de los ligamentos. En general, el origen de los nervios sensitivos de cada articulación se corresponde con los troncos nerviosos que inervan los músculos que actúan sobre la articulación. Se ha señalado, además, que las zonas de la articulación que se tensan bajo la acción de unos músculos es inervada por ramas procedentes de los troncos que inervan los músculos antagonistas de esa acción. Esta peculiar distribución topográfica de los nervios sensitivos y motores es muy sugerente del establecimiento de arcos reflejos locales que adapten la actividad de los músculos a la tensión originada en la articulación.

La inervación de las articulaciones por los nervios vegetativos alcanza la articulación acompañando a los vasos sanguíneos. El papel de esta inervación no está totalmente clarificado, pero dentro de sus funciones se pueden incluir las siguientes: 1) recogen parte de la información aferente sobre tensión y también información del dolor; 2) regulan la producción de líquido sinovial por medio de su acción sobre los vasos; y 3) tienen un efecto trófico sobre los tejidos articulares.

Los nervios vegetativos de las articulaciones utilizan una gran variedad de neurotransmisores, entre los que se incluyen diversos neuropéptidos tales como la *neurocinina A* (NKA), la *sustancia P* (SP), el *neuropéptido Y* (NPY), y el *neuropéptido relacionado con el gen de la calcitonina* (CGRP).

Desde el punto de vista clínico, la inervación vegetativa desempeña un papel importante en la respuesta inflamatoria de las articulaciones e interviene en la patogenia de la *artritis reumatoide.*

MÚSCULOS (sistema muscular)

Los músculos son masas carnosas dispuestas alrededor del esqueleto (músculos profundos), o bajo la piel (músculos superficiales), cuya función principal es la de producir el movimiento. Además de la función de movilidad, en diferentes regiones del cuerpo, tales como el abdomen o la pelvis, los músculos desempeña el papel de paredes activas que contienen y protegen a los órganos internos. Finalmente, los músculos contribuyen, junto con el esqueleto, a dar la forma al cuerpo humano.

Estructura general de los músculos esqueléticos (Fig. 3-15)

Los músculos están formados por una región central contráctil, el **vientre muscular**, que se une por sus extremos a

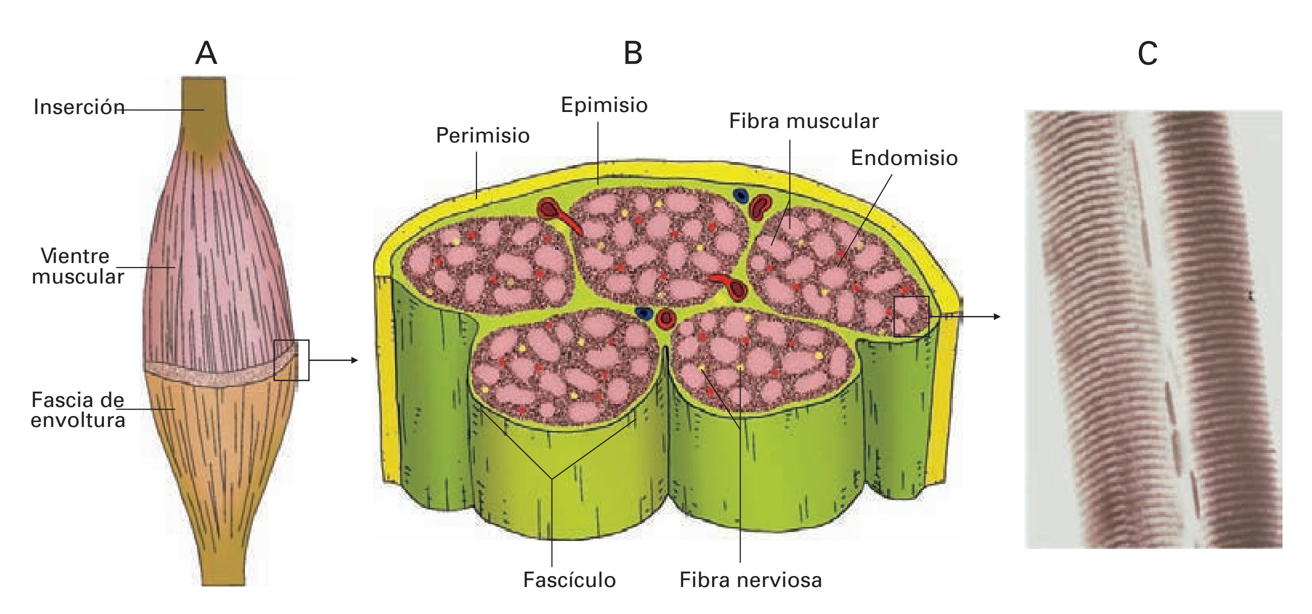


Figura 3-15. Organización estructural del músculo. A) esquema macroscópico de un músculo en el que la fascia de envoltura ha sido eliminada en la mitad superior; B) disposición del tejido conectivo del vientre muscular; C) preparación histológica de dos fibras musculares de trabajo (extrafusales).

las palancas óseas o, en ocasiones, a estructuras blandas como la piel. Estas zonas de anclaje de los músculos se denominan **inserciones**.

Desde el punto de vista estructural, los músculos están constituidos por tejido muscular esquelético que forma el **vientre muscular** y tejido conectivo que se dispone tanto a nivel del vientre muscular, como en las inserciones.

Tejido muscular esquelético

El tejido muscular esquelético está formado por tres tipos celulares principales, las fibras contráctiles (fibras extrafusales), los husos musculares y las células satélites.

Fibras musculares contráctiles *(fibras extrafusales.* Fig. 3-15C)

Son las células características del músculo. Son células multinucleadas muy alargadas, generalmente de gran tamaño (desde algunos milímetros hasta 30 cm de longitud), que contienen en su citoplasma (*sarcoplasma*) una precisa organización de proteínas contráctiles (**miofibrillas**). La presencia de las miofibrillas permite que las fibras musculares disminuyan de longitud cuando son estimuladas por el sistema nervioso. En ausencia de inervación, el músculo estriado no sólo pierde su actividad contráctil, sino que degenera y se atrofia.

Dentro de las fibras musculares de función contráctil, existen tres tipos que se diferencian en su aspecto macroscópico, en su metabolismo, y en sus propiedades funcionales:

Fibras rojas (**tipo I**). Son fibras con aspecto rojizo por su riqueza en *mioglobina* y se caracterizan por ser de contracción lenta y resistentes a la fatiga.

Fibras blancas (**tipo IIB**). Son fibras de diámetro grande y aspecto blanquecino, en la que la energía se obtiene principalmente por vía anaerobia. Funcionalmente, son fibras de contracción rápida y también de fatiga rápida.

Fibras mixtas (**tipo IIA**). Son fibras con propiedades intermedias entre las otras dos (contracción rápida y resistentes a la fatiga).

La proporción de cada tipo de fibras es característica para los diferentes músculos y les confieren propiedades funcionales. Así, las fibras rojas son más abundantes en los músculos cuya función es la de mantener la postura, mientras que las blancas predominan en los músculos que tienen que realizar movimientos rápidos. La diferenciación de estos diferentes tipos de fibras es una propiedad intrínseca de las células ligada a su desarrollo. No obstante, la inervación desempeña un papel importante en el mantenimiento del tipo de fibras presentes en un músculo. Las fibras inervadas por motoneuronas que envían estímulos continuos se diferencian hacia fibras tipo I; por el contrario, las fibras inervadas por motoneuronas que se excitan de forma más esporádica desarrollan un fenotipo de fibras de tipo II. El cambio de fibras de blancas a rojas sólo ocurre cuando tras la lesión de un nervio se producen fenómenos de reinervación de fibras denervadas a partir de los axones vecinos sanos. En estas condiciones, la reinervación determina el tipo de fibra según la neurona que aporta la nueva inervación.

> En la práctica clínica, en ocasiones se cambia la inserción de un músculo esquelético para desarrollar una función característica de músculo con fibras rojas. Un aspecto fundamental en estos tratamientos es colocar un marcapasos para facilitar el cambio estructural del músculo trasplantado.

Husos musculares

Intercaladas entre las fibras musculares contráctiles existen agrupaciones de fibras especializadas, denominadas **husos musculares**. Estas estructuras constituyen junto con terminaciones nerviosas verdaderos órganos sensitivos (**husos neuromusculares**) que recogen y transmiten hacia el sistema nervioso información del estado contráctil del músculo.

Células satélites

Asociada a la superficie de las fibras musculares hay una segunda población celular denominada **células satélites** que, como se describirá más adelante, son *células madre* de músculo, capaces, en algunas condiciones, de regenerar fibras musculares.

Tejido conectivo del músculo (Fig. 3-15B)

El tejido conectivo asociado al músculo esquelético desempeña un papel funcional importante, manteniendo agrupadas a las fibras musculares del vientre muscular y transmitiendo la fuerza generada por éstas al contraerse.

El tejido conectivo es especialmente abundante en los extremos del vientre muscular, donde forma los elementos de inserción del músculo; sin embargo, también se dispone asociado a las fibras musculares en el espesor del vientre muscular.

Tejido conectivo del vientre muscular (Fig. 3-15B)

Se pueden distinguir varios niveles de organización del tejido conectivo del vientre múscular. Por un lado, cada fibra muscular tiene una fina envoltura conectiva, denominada **endomisio**, que aísla a las fibras musculares de sus vecinas. Por otro lado, láminas algo más gruesas de tejido conectivo, denominadas **epimisio**, envuelven a grupos de fibras con su endomisio formando manojos de fibras agrupadas denominados fascículos. Finamente, la totalidad de las fibras musculares de cada músculo se encuentra envuelta por una envoltura conectiva denominada **perimisio** que forma un estuche para el vientre muscular. Esta envoltura conectiva externa, es gruesa y fuerte en algunos músculos, constituyendo lo que se denomina **fascia** o **aponeurosis de envoltura**; en otros casos es fina y delgada, apenas perceptible a simple vista.

Tejido conectivo de las inserciones musculares

En los extremos del músculo el tejido conectivo se condensa, formando zonas exclusivamente fibrosas, mediante las cuales el músculo se une a sus puntos de inserción. Cuando estos dispositivos fibrosos de inserción están muy poco desarrollados, se habla de inserciones carnosas. Cuando los dispositivos fibrosos de inserción están más desarrollados, hecho que ocurre con mayor frecuencia, reciben el nombre de **tendón**. Los tendones están compuestos principalmente por fibras colágenas, lo que les da un aspecto blanquecino, a veces nacarado. Su forma y su longitud son variables. Pueden ser redondeados, a modo de cordones, en forma de cinta o totalmente aplanados. En este último caso se habla de **aponeurosis de inserción**.

Morfología y arquitectura de los músculos (Fig. 3-16)

La morfología y el tamaño de los diferentes músculos del organismo es muy variada y pueden distinguirse:

Músculos largos. Son los músculos en los que predomina el eje longitudinal. Presentan un vientre muscular acintado o fusiforme y son característicos de las extremidades.

Músculos anchos. Son los músculos en los que predominan las dimensiones de dos ejes. Tienen aspecto aplanado y suelen situarse en las paredes de las grandes cavidades o, como ocurre en el caso del músculo diafragma, pueden formar tabiques anatómicos entre dos cavidades corporales.

Músculos cortos. Son los músculos en los que no predomina ninguna dimensión. Son frecuentes en las articulaciones con movimientos poco extensos.

Músculos anulares. Son los músculos que se disponen alrededor de orificios, por ejemplo a nivel del orificio bucal (orbicular de los labios) o a nivel del ano (esfínter estriado del ano), y cuya función suele ser participar en el cierre del orificio.

La disposición del vientre muscular y de los tendones de inserción también es variable, y se distinguen en este sentido:

Músculos monogástricos. Son los músculos que están constituidos por un único vientre muscular y dos extremos de inserción.

Músculos digástricos. Son los músculos que poseen dos vientres musculares. En este caso, los vientres pueden estar unidos por un tendón intermedio o compartir un tendón de inserción común en uno de los extremos de los vientres musculares.

Músculos poligástricos. Son los músculos que constan de varios vientres musculares, que están engarzados por sucesivos tendones intermedios o comparten un tendón de inserción común.

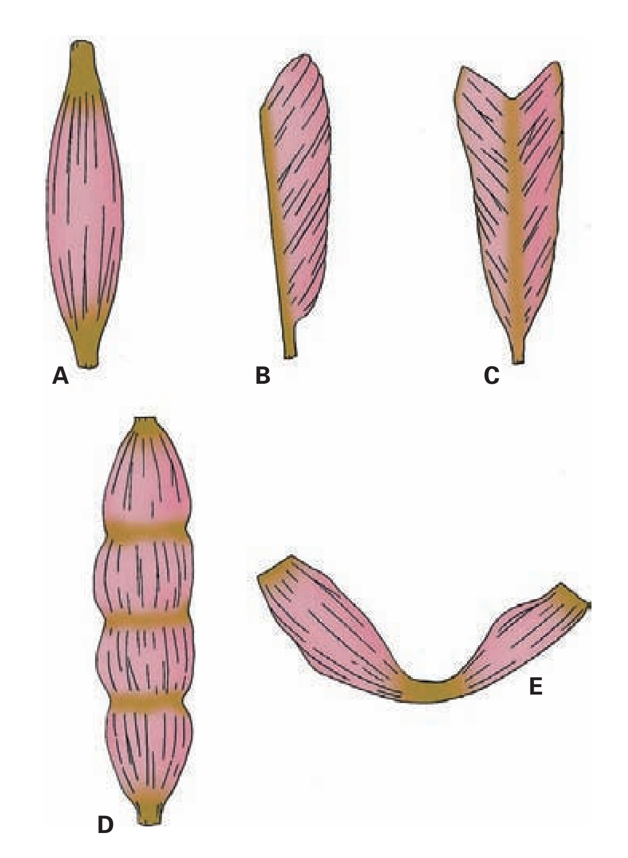


Figura 3-16. Esquema de diferentes tipos de músculos. A) músculo monogástrico de fibras paralelas; B) músculo semipeniforme; C) músculo peniforme; D) músculo poligástrico; E) músculo digástrico.

Otro aspecto variable de los músculos que tiene una considerable importancia funcional es su **arquitectura**, es decir, la forma en que quedan alineadas las fibras musculares del vientre muscular con sus tendones de inserción. Con arreglo a este criterio, se clasifica a los músculos en:

Músculos acintados. Son aquéllos en que las fibras tienen la misma dirección que los tendones.

Músculos peniformes. Son músculos en que las fibras convergen oblicuamente sobre los dos márgenes del tendón, a modo de las barbas de una pluma en su tallo.

Músculos semipeniformes. En éstos las fibras convergen oblicuamente solamente sobre uno de los lados del tendón, a modo de media pluma.

Músculos compuestos. Son los que contienen una combinación de las disposiciones anteriores.

La importancia funcional de esta diferente arquitectura se debe a que la posibilidad de acortamiento de las fibras musculares es limitada (aproximadamente pueden acortarse a la mitad de su longitud en reposo), por lo que los músculos de fibras longitudinales al tendón son los de fibras más largas y, en particular, especialmente eficaces

para producir grandes desplazamientos. A diferencia de éstos, los músculos peniformes y semipeniformes tienen menor longitud de fibras y, por tanto, menor capacidad de acortamiento, pero, como contrapartida, la disposición oblicua de las fibras permite la existencia de un mayor número de fibras musculares en relación con el tamaño del tendón, lo que se traduce en una mayor potencia del músculo.

Inserciones musculares

La inserción es el punto de anclaje de los músculos a las estructuras vecinas, que utilizan como puntos de fijación para producir el movimiento. La disposición más habitual es que los músculos se inserten en elementos óseos, pero también pueden emplear como elemento de inserción las fascias vecinas o, en el caso de los músculos superficiales, la piel.

Cada músculo (a excepción de los anulares) posee dos puntos de inserción. Convencionalmente, se denomina inserción de **origen** a la que es más proximal, en el caso de las extremidades, o a la que es más medial (axial) en el caso del tronco, y se reserva el vocablo de **terminación** para la más distal, en las extremidades, o la más alejada del eje, en el caso del tronco.

Se utilizan también los términos de **punto fijo** de unión y **punto móvil** a las inserciones que asumen tales funciones durante la contracción de un músculo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el punto fijo y el punto móvil de inserción de un músculo puede variar en los diferentes movimientos en los que interviene un músculo.

Elementos auxiliares de los músculos

Con el fin de facilitar el necesario desplazamiento de los músculos y sus tendones cuando se contraen, existen dispositivos auxiliares que pueden ser de naturaleza fibrosa o serosa.

Estructuras fibrosas auxiliares

Con la excepción de algunos músculos superficiales cuya función es movilizar la piel, los músculos del organismo se disponen profundos bajo la piel y separados de ella por una **fascia profunda** de la que parten tabiques, los **tabiques intermusculares**. De esta manera, se crean compartimentos donde se alojan los vientres musculares facilitando su movimiento durante la contracción y evitando al mismo tiempo desplazamientos no deseados. Dentro de estos compartimentos también discurren los vasos profundos, y los músculos, al contraerse, favorecen la circulación comprimiendo las paredes vasculares. Con frecuencia, la fascia profunda y los tabiques intermusculares se utilizan como puntos de inserción adicional de las fibras musculares.

> Desde el punto de vista clínico, los compartimentos que forman los tabiques intermusculares son relativamente aislados y las infecciones o cúmulos hemorrágicos tienden a localizarse y distribuirse siguiendo estas regiones anatómicas.

En los tendones de algunas regiones del organismo, como la muñeca o el tobillo, la fascia profunda se condensa y forma estructuras más especializadas, denominadas **retináculos**, que sujetan los tendones, evitando también desplazamientos inútiles de los mismos. En ocasiones, como es el caso de los dedos, los tendones están sujetos a los huesos por **vainas fasciales** (*vainas fibrosas*), que son engrosamientos de la fascia en forma de túneles.

Estructuras serosas auxiliares

Cuando los músculos o sus tendones discurren sobre planos rígidos, como puede ser una superficie ósea, suelen presentar asociadas **vainas sinoviales** o **bolsas sinoviales** que disminuyen el rozamiento del tendón o del vientre muscular.

Las **bolsas sinoviales** (*bolsas serosas*) son bolsas de tejido conjuntivo que contienen en su interior un líquido similar al líquido sinovial de las articulaciones. En ocasiones, las bolsas sinovial, cuando ocupan una posición vecina a una articulación, pueden estar en continuidad con la cavidad sinovial de la articulación.

En los tendones alargados las formaciones serosas tienen un aspecto alargado y se denominan **vainas sinoviales** (*vainas sinoviales de los tendones* Fig. 3-17). Las vainas sinoviales se acoplan íntimamente a la superficie del tendón. Pueden distinguirse una superficie en contacto con el tendón (*hoja visceral*), una segunda hoja en contacto con la vaina fibrosa del tendón, denominada *hoja parietal*, y entre las dos un espacio cerrado donde se aloja el líquido sinovial. Las hojas visceral y parietal presentan una zona de continuidad a lo largo del tendón, por lo que siempre queda una zona del mismo desprovista de envoltura sinovial, denominada **mesotendón**, que es utilizada por los nervios y vasos para alcanzar la superficie del tendón.

> La patología inflamatoria o infecciosa de las bolsas y vainas sinoviales es frecuente, causando un dolor que se acentúa durante el movimiento y puede llegar a impedir la función de los músculos. También, las vainas sinoviales facilitan la difusión de las infecciones y hemorragias a todo lo largo de su recorrido, lo que determina que heridas infectadas que afecten a estas estructuras se vean agravadas por la amplia extensión de la infección.

Crecimiento y regulación del tamaño muscular

En el ser humano, las fibras que componen cada músculo, incluida la proporción entre fibras rojas blancas y mix-

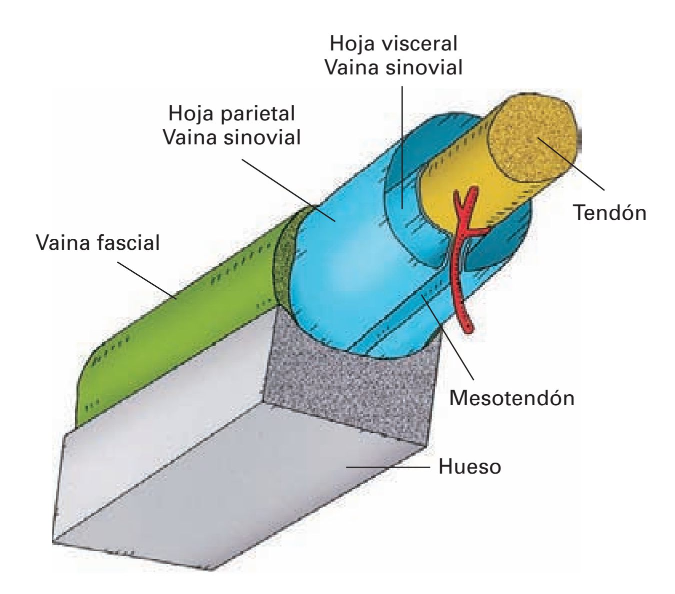


Figura 3-17. Esquema de un tendón cilíndrico en su trayecto sobre un hueso (gris) ilustrando los componentes auxiliares fibrosos (verde) y serosos (azul).

tas, se determina en el desarrollo embrionario. Después del nacimiento, en condiciones normales, no aumenta el numero de fibras, pero sí se modifican su diámetro y su longitud.

Cuando un músculo es sometido a un ejercicio intenso, aumentan el diámetro y el contenido de material contráctil de las fibras musculares (*hipertrofia*). La falta de uso de un músculo se acompaña de *atrofia* de las fibras musculares. Esta atrofia afecta de forma más marcada a las fibras de contracción rápida (fibras de tipo 2: blancas o mixtas), mientras que las fibras rojas (tipo 1) son más resistentes a la atrofia.

El desarrollo de las fibras y su número también se modifican con la edad. A partir de los 25 años, el número de fibras por músculo se va reduciendo progresivamente. Esta reducción es uniforme sin que existan diferencias entre las fibras de contracción rápida y las lentas.

A pesar de que en condiciones normales las fibras de los músculos no aumentan de número, en condiciones patológicas, tras la destrucción o denervación de fibras musculares, se puede producir cierta regeneración del músculo a partir de las células satélites a las fibras musculares. Esta potencialidad de regeneración del músculo a partir de las células satélites puede abrir en el futuro las puertas al tratamiento de algunas enfermedades degenerativas del músculo que en la actualidad no se pueden tratar.

Con frecuencia se observa en los ancianos una atrofia de las fibras de contracción rápida (fibras blancas y mixtas). Sin embargo, esta atrofia se debe en la mayoría de los casos a falta de ejercicio, ya que se puede mejorar muy considerablemente con un entrenamiento adecuado. La hipertrofia muscular se puede inducir mediante el tratamiento con diversos fármacos como los esteroides anabolizantes, las hormonas tiroideas y la hormona del crecimiento. No obstante, su uso en medicina deportiva está totalmente contraindicado por sus graves efectos secundarios.

Vascularización del músculo

Cada vientre muscular recibe una o varias arterias propias que se acompañan de venas, de vasos linfáticos y de los nervios. Generalmente, una de las arterias es de mayor calibre y recibe el nombre de *arteria principal*. El punto de acceso de los vasos suele ser la zona central del vientre o sus extremos y, generalmente, por la cara profunda del músculo.

El conocimiento del patrón de los pedículos vasculares de entrada a los músculos reviste considerable importancia en cirugía plástica, ya que es una factor fundamental en la realización de injertos musculares.

En el interior del vientre muscular las arterias acompañadas de las venas se ramifican en el espesor del tejido conectivo intramuscular (perimisio) y se disponen con arreglo a la dirección de las fibras musculares, estableciendo numerosas anastomosis. Las ramificaciones capilares de las arterias se disponen a nivel del endomisio y rodean las fibras musculares formando una trama capilar que es más abundante en las fibras de músculo rojo.

La vascularización de los tendones es mucho más escasa que la del vientre muscular. Los vasos acceden al tendón desde el vientre muscular y por ramas directas que abordan al tendón. Dentro del tendón, las ramificaciones vasculares se disponen alineadas con las fibras de material extracelular.

El drenaje linfático de los músculos comienza en el perimisio y acompaña a los vasos sanguíneos.

Un aspecto importante de la irrigación arterial y capilar del músculo es su gran capacidad de adaptación a las necesidades funcionales. Durante la actividad de un músculo, sus capilares pueden incrementar la vascularización de las fibras hasta 700 veces en relación con la situación de reposo. Este efecto regulador del flujo sanguíneo parece estar potenciado por la existencia de *anastomosis arteriovenosas* que, en condiciones de reposo, facilitarían el flujo hacia las venas sin atravesar el lecho capilar. La deficiencia en el riego del músculo causan fatiga y calambres (contracturas dolorosas).

Inervación

Los nervios generalmente alcanzan los vientres musculares acompañando a los vasos. En ocasiones, puede haber varios nervios que inervan diferentes porciones del músculo, pero habitualmente cada músculo tiene un solo nervio que transporta fibras de diferentes niveles medulares. A pesar de que tradicionalmente se denomina «ramas mo-

toras» a los nervios que se distribuyen por los músculos, la realidad es que estos nervios contienen fibras sensitivas y motoras en una proporción similar y además fibras vegetativas (en algunas ocasiones los músculos reciben de forma independiente sus ramas sensitivas y motoras).

Las *fibras motoras* son de dos categorías. Unas finas, poco mielinizadas, que inervan las fibras musculares de los **husos neuromusculares**, y cuya función tiene que ver con el control del tono muscular. Otras son de grueso calibre, muy mielinizadas, e inervan grupos de fibras musculares de trabajo (*fibras extrafusales*). Se denomina **unidad motora** al conjunto de una neurona motora y las fibras musculares inervada por ella (véanse más detalles en el siguiente apartado; Fig. 3-18). Aunque cada fibra motora inerva varias fibras musculares, las fibras musculares son inervadas, salvo algunas excepciones, por una sola fibra. Cuando la fibra nerviosa alcanza la fibra muscular, pierde su envoltura de mielina y se divide en una serie de arborizaciones que se aplican a la superficie de las fibras musculares formando lo que se denomina **placa motora terminal**.

Con respecto a las *fibras sensitivas*, unas son de grueso calibre, muy mielinizadas, y recogen información de los husos neuromusculares y de mecanorreceptores de los tendones, mientras que otras son más finas, poco mielinizadas o incluso amielínicas, y presentan terminaciones libres en el tejido conectivo intramuscular por medio de las cuales recogen información dolorosa y otras sensaciones del músculo poco específicas.

Las *fibras vegetativas* son finas y amielínicas y se distribuyen por las paredes de los vasos del músculo (véase Sistema nervioso vegetativo).

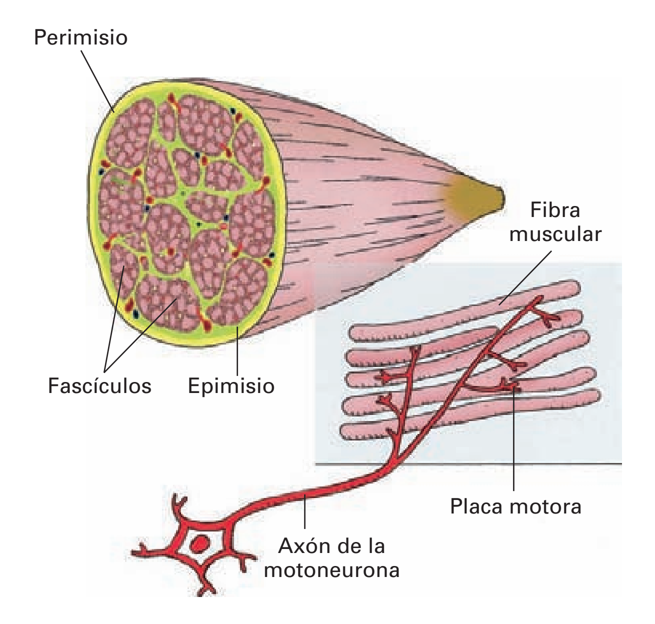


Figura 3-18. Representación esquemática de los componentes fibrilares de un vientre muscular del que se ha aislado (abajo) una unidad motora.

Dinámica funcional de los músculos

La función primordial de los músculos es contraerse para generar el desplazamiento de las estructuras en las que se inserta.

Contracción muscular

El concepto de contracción es diferente si se considera a la fibra muscular aislada o a la totalidad del vientre muscular. En el caso de la fibra muscular, la contracción consiste en su acortamiento activo y depende de la estimulación de la maquinaria contráctil de la fibra muscular por la acción del estímulo nervioso. Sin embargo, la contracción de un vientre muscular en su totalidad no significa necesariamente que se acorte, ya que incluso si está sometido a fuerzas de resistencia, el vientre muscular puede alargarse. Este hecho se debe a que los músculos están divididos en unidades funcionales, denominadas **unidades motoras**, que están constituidas por el conjunto de las fibras musculares que son inervadas por la misma neurona motora.

Es importante señalar que la distribución de las fibras de las unidades motoras no coincide con los fascículos establecidos por el tejido conectivo intramuscular. Cuando se activa una neurona motora se contraen todas las fibras inervadas por su axón, pero no otras. De este modo, en los músculos se contraen de forma sincrónica diferentes unidades motoras, es decir, que, en un momento dado, en un músculo hay un número variable de unidades motoras en contracción y otras en relajación. La intensidad de contracción de un músculo depende del numero de unidades motoras que son activadas y de la frecuencia de estímulos que emite la neurona motora a las fibras. La acción del músculo considerado en su totalidad (acortarse, alargarse o mantener su tamaño) dependerá del número de unidades motoras que se están contrayendo en cada momento, en relación con la resistencia a la que está sometido el vientre muscular en su totalidad.

Las unidades motoras están formadas por un numero variable de fibras musculares. En general, cuanto más preciso es el movimiento que realiza un músculo, menor es el número de fibras musculares por unidad motora (en los músculos extrínsecos del globo ocular hay unidades motoras de 10 ó 15 fibras, mientras que en los músculos de las extremidades puede haber hasta 400, 800 o más fibras en cada unidad motora). La contracción sincrónica de todas las unidades motoras de un músculo origina un temblor muscular denominado *tetanización* del músculo.

Tipos de contracción muscular

Según la estructuración funcional de los músculos en unidades motoras, se pueden distinguir tres tipos de contracción de los vientres musculares:

Contracción estática (contracción isométrica); en este caso el músculo se contrae pero no disminuye de tama-

ño, por ser la fuerza generada por las unidades motoras en acción igual a la resistencia a la que está sometido el músculo. Este tipo de contracción actúa de forma permanente en los músculos del cuerpo manteniendo su postura y se denomina **tono muscular**. Sólo en situaciones de anestesia o de sueño profundo desaparece el tono muscular, y en estas condiciones no hay posibilidad de mantener la forma del cuerpo, que literalmente se desmorona.

La contracción de los músculos produce liberación de calor por lo que el tono muscular contribuye de forma importante a mantener la temperatura corporal. En situaciones en las que se reduce el tono muscular (durante el sueño o en condiciones de anestesia) es más fácil que se produzca una hipotermia.

Contracción concéntrica; es la forma convencional de contracción de los músculos, ya que se acompaña de acortamiento de su vientre y, por tanto, de desplazamiento de las palancas óseas donde se inserta el músculo. En este caso intervienen un numero mayor de unidades motoras que en el caso anterior, de forma que generan una fuerza superior a la resistencia que oponen los puntos de inserción, causando el acercamiento de las palancas óseas.
Contracción excéntrica; en este caso la fuerza generada por las unidades motoras en acción es menor que la resistencia a la que está sometido el músculo, por lo que, a pesar de que el músculo se contrae, el vientre muscular se alarga. Este tipo de contracción tiene gran importancia para evitar movimientos bruscos. Imaginémonos, por ejemplo, el acto de dejar caer una carga que transportamos entre los brazos. Si los músculos no ofreciesen resistencia al peso transportado, éste caería de forma brusca; para evitarlo, los músculos que están sometidos a la carga van ejerciendo una contracción ligeramente menor que la de la carga que sufren, de modo que se van alargando de forma lenta y generando un movimiento suave opuesto a su acción contráctil.

El proceso de contracción es similar tanto en la contracción concéntrica, como en la excéntrica. El músculo se contrae inicialmente aumentando su tensión con respecto al tono muscular que mantenía al comienzo del movimiento. A partir de este momento, el músculo se acorta o se alarga según la contracción sea concéntrica o excéntrica, pero la tensión del músculo permanece más o menos uniforme. Por eso, al conjunto de las contracciones concéntrica y excéntrica se le denomina también **contracción isotónica.**

Papel funcional de los músculos en la motilidad articular

Tipos de músculos según su función

Los músculos no trabajan de forma individual para producir un movimiento, sino que en cada movimiento actúan en asociación varios elementos musculares desempeñando papeles complementarios. Según la acción que desarrollan los músculos en un movimiento dado se distinguen los siguientes tipos de músculos:

Músculos agonistas. Son los responsables directos del movimiento al actuar por contracción concéntrica. Se les denomina también por esta razón músculos motores y se pueden diferenciar tres categorías: *a*) **músculos motores primarios**, que actúan de forma permanente en el movimiento produciendo la mayor parte del trabajo; *b)* **músculos motores secundarios**, cuando sólo actúan en algunos momentos del movimiento que requieren una mayor fuerza; y *c*) **músculos motores de emergencia**, cuando actúan en el movimiento solamente cuando se requiere una fuerza especial más intensa. Se suele denominar también **músculos iniciadores** (*starter*) a los músculos que sólo son necesarios para iniciar el movimiento modificando la posición de las palancas óseas para permitir la participación de los músculos motores primarios.

Músculos antagonistas. Se contraen por contracción excéntrica oponiéndose al movimiento. Su acción es tan importante como la de los agonistas y su función es la de conseguir que el movimiento no sea brusco. Cuando un movimiento se ejerce de forma pasiva por la acción de la fuerza de la gravedad, los músculos antagonistas pueden ser los únicos que intervienen en el movimiento.

Músculos sinergistas. Son aquellos que, sin ser responsables directos del movimiento, contribuyen de forma fundamental a su realización modificando la acción de los agonistas. Su función en el movimiento se debe a que, cuando los músculos pueden realizar varias acciones, al participar en un movimiento se requiere que alguna de ellas quede anulada. Dentro de la categoría de músculos sinergistas se distinguen los siguientes:

Fijadores. Su función es evitar la movilidad de la inserción fija de los músculos agonistas de un movimiento. Hay que tener en cuenta que al contraerse un músculo tiende a desplazar sus dos extremos de inserción. Los músculos fijadores transforman en punto fijo una de las insercióṅes de los agonistas.

Neutralizadores. Se denomina así a los músculos que se contraen para contrarrestar («neutralizar») una acción no deseada de los músculos agonistas. Se pueden distinguir dos tipos:

Verdaderos. Cuando un músculo agonista salta dos o más articulaciones, los sinergistas verdaderos evitan el movimiento en la articulación no deseada.

Concurrentes. Son músculos que actúan en combinación, potenciando su efecto sobre un movimiento al neutralizar entre ellos una acción de ambos no deseada. Este fenómeno ocurre cuando dos músculos producen dos acciones diferentes en una misma articulación y una de las acciones es común para los dos y la otra opuesta. Al contraerse

juntos, la acción opuesta se anula mientras que se potencia la acción común. Si se considera la acción común de los dos músculos sobre la articulación, lo que hacen es evitar el movimiento no deseado y potenciar el movimiento deseado.

> Esta acción coordinada de los músculos para la realización de un movimiento es importante. En ocasiones, la coordinación de los músculos para llegar a realizar movimientos complejos sólo es posible tras un adecuado entrenamiento. Piénsese en este sentido en lo laborioso que puede resultar desde el punto de vista motor el aprendizaje para tocar un instrumento musical o para practicar algunos deportes.

Papel mecánico de los músculos en el movimiento

Para comprender la función de un músculo en un movimiento es necesario tener en cuenta que la acción del músculo depende de donde aplica la fuerza y donde se sitúa la resistencia que hay que vencer.

Los puntos móviles del esqueleto están organizados funcionalmente en forma de palancas, en las que se pueden distinguir: 1) un punto de apoyo sobre el que se realiza el movimiento; 2) un brazo de potencia donde se aplica la fuerza; y 3) un brazo donde se sitúa la resistencia. En el cuerpo, el punto de apoyo es el punto fijo en torno al cual se realiza el movimiento y está constituido por las articulaciones. La potencia la constituyen los músculos agonistas y la resistencia es la fuerza que se debe vencer para que el movimiento se produzca.

Según la disposición de los tres elementos de las palancas (punto de apoyo, potencia y resistencia) se pueden distinguir tres tipos de palancas (Fig. 3-19):

Palancas de primer grado. En este caso el punto de apoyo se sitúa en el centro, la resistencia en un extremo y la potencia en el otro. Esta es una de las palancas frecuentes del aparato locomotor y puede ser ilustrada por el ejemplo de la nuca.

Palancas de segundo grado. El punto de apoyo se sitúa en un extremo, la resistencia en el centro y la fuerza debe ser aplicada en el otro extremo. El movimiento de ponerse de puntillas sobre los dedos del pie ilustra este tipo de palancas en el organismo.

Palancas de tercer grado. La resistencia se sitúa en un extremo de la palanca, el apoyo se dispone en el otro extremo y la fuerza se aplica en el centro. El codo en el movimiento de flexión ilustra este tipo de palancas.

Conociendo las características de una articulación, sus movimientos y la disposición e inserciones de los músculos se puede prever perfectamente la acción de éstos.

En las palancas de primer y tercer grado, la fuerza desarrollada por un músculo será tanto mayor cuanto más alejada esté su inserción de la articulación, pero, por el contrario, dado que la posibilidad de acortamiento de los músculos es limitada, la amplitud del movimiento realizado será más reducida.

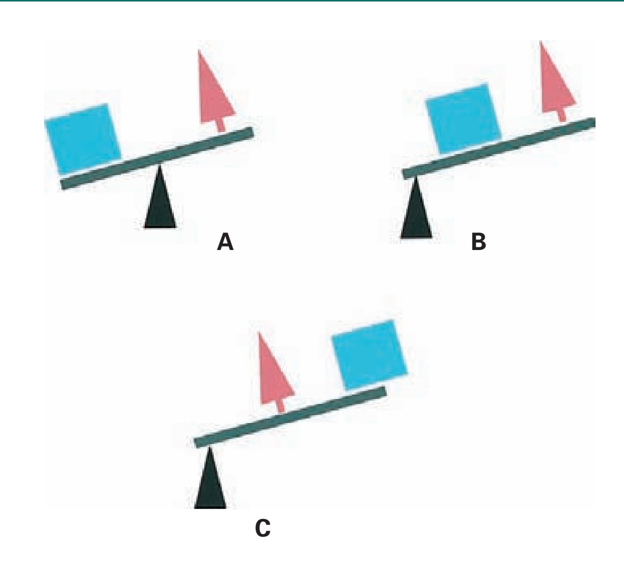


Figura 3-19. Representación esquemática de los diferentes tipos mecánicos de palancas. La flecha roja representa la acción muscular y las cajas azules la disposición de la carga. A) palanca de primer grado; B) palanca de segundo grado; C) palanca de tercer grado.

En las palancas de tercer grado, al contraerse el músculo, además de desplazar el brazo de resistencia de la palanca (*fuerza de «balanceo»* o centrífuga), ejerce una fuerza sobre la articulación (*fuerza «transarticular»* o centrípeta) que afecta a su estabilidad (Fig. 3-20). Cuando en un músculo la inserción fija está lejos de la articulación y la móvil cerca, el efecto de balanceo es amplio, mientras que el componente transarticular es pequeño (**músculos balanceadores** o *músculos «spurt»*). La desproporción entre las dos fuerzas se hace más patente cuando el músculo se contrae rápidamente pudiendo ocasionar una pérdida de estabilidad en la articulación. La situación opuesta, es decir, la producción de poco balanceo y gran fuerza transarticular, ocurre en los denominados **músculos estabilizadores** (*músculos «shunt»*). Normalmente, los *músculos shunt* y *spurt* actúan conjuntamente para equilibrar sus acciones y si uno de ellos se altera interfiere la función del otro causando además una disminución de la estabilidad articular.

> La importancia práctica de esta organización funcional se pone de manifiesto en situaciones en las que cambia el tamaño de las palancas, por ejemplo, después de una fractura o en los tratamientos diseñados para aumentar el tamaño de los huesos. En estas situaciones, la función de los músculos queda gravemente modificada, ya que se altera su brazo de palanca y su adaptación a la nueva situación requiere una rehabilitación adecuada para que el músculo adapte su tamaño y desarrollo a la nueva situación de la palanca.

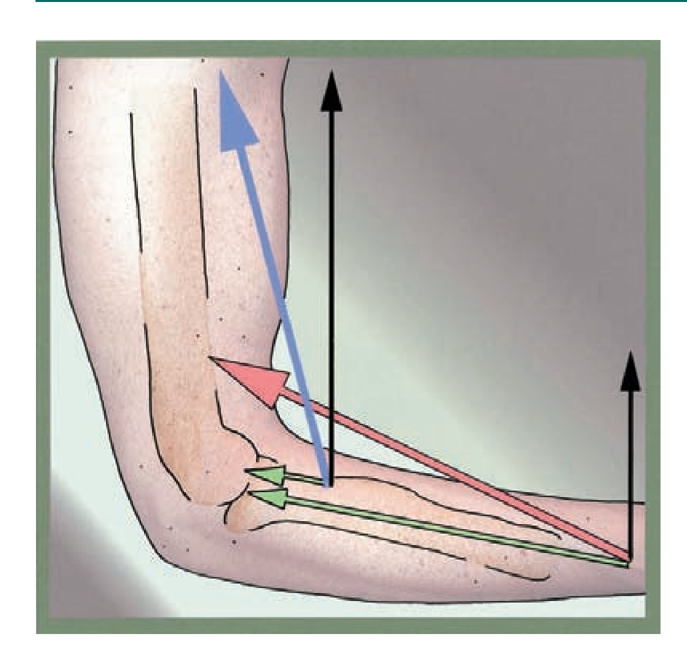


Figura 3-20. Representación mecánica a nivel de la articulación del codo de las acciones de un músculo *balanceador* (flecha azul) y de un músculo *estabilizador* (flecha roja) en el movimiento de flexión. El componente de balanceo (centrífugo) está representado por las flechas negras. El componente transarticular (centrípeto) está representado en verde. Nótese la magnitud opuesta de ambos componentes en los dos tipos de músculo.

Exploración de la función muscular

El estudio de la función de los músculos en los diferentes movimientos es un problema complejo, y aún en la actualidad no existe una información definitiva para muchos movimientos. Para explorar la función de los músculos se emplean diferentes técnicas, como: 1) la observación del músculo en el cadáver; 2) la inspección y la palpación de los músculos en el vivo durante la realización de un movimiento; 3) el estudio de las alteraciones motoras secundarias a parálisis musculares; 4) el estudio del efecto de la estimulación eléctrica; y 5) especialmente la electromiografía, que consiste en la recogida de los potenciales eléctricos que se generan en un músculo durante su activación, y que se puede aplicar a sujetos sanos o afectados por parálisis musculares.

Síntomas de las enfermedades musculares

Las enfermedades del músculo resultan en ocasiones complejas de diagnosticar. Entre los signos y síntomas característicos de las enfermedades musculares (miopatías) se incluyen además de la *debilidad*, la *atrofia* y el *dolor* y las siguientes alteraciones en la contracción muscular:

Fasciculaciones. Son contracciones de unidades motoras aisladas, que se pueden apreciar mediante la observación.

Fibrilaciones. Son contracciones aisladas de fibras musculares que sólo se aprecian mediante el electromiograma.

Calambres. Son contracturas dolorosas del músculo.

Miotonía. Es la contracción muscular sostenida que no permite la relajación normal del músculo.

CAPÍTULO 4

Cráneo

ORGANIZACIÓN GENERAL	HUESOS DE LA CARA
HUESOS DEL NEUROCRÁNEO	CRÁNEO EN CONJUNTO

ORGANIZACIÓN GENERAL

El cráneo forma el esqueleto de la cabeza y de la cara. Está constituido por múltiples huesos que se articulan entre sí por uniones inmóviles, originando una estructura cuya función principal es la de proteger el encéfalo y dar alojamiento a los órganos de los sentidos y a las aberturas hacia el exterior de los aparatos digestivo y respiratorio. La única excepción a este patrón general es la mandíbula, que constituye un hueso del cráneo independiente con articulaciones móviles al servicio de la masticación.

Tanto desde el punto de vista morfológico, como por su desarrollo embriológico, el cráneo puede dividirse en dos partes (Fig. 4-1): la poción cerebral, o **neurocráneo**, que forma un estuche óseo para el encéfalo, y el **esqueleto facial,** o viscerocráneo, que da soporte a los componentes de la cara, incluyendo las aberturas de los aparatos respiratorio y digestivo. No obstante, el esqueleto facial está totalmente adosado a la porción anterior y caudal del neurocráneo, por lo que algunos huesos forman parte al mismo tiempo de las paredes del neurocráneo y del viscerocráneo.

Evolución del cráneo

Desde el punto de vista evolutivo, el neurocráneo y el viscerocráneo de los mamíferos tienen significados diferentes. El neurocráneo es la parte más antigua del cráneo, proviene del primitivo condrocráneo que formaba la base del cráneo en los peces cartilaginosos, y de las cápsulas cartilaginosas que protegían los órganos de los sentidos (*cápsula nasal*, *cápsulas orbitales* y *cápsulas óticas*). El viscerocráneo es un derivado de los arcos branquiales, que en los peces primitivos están asociados a la respiración. La transformación del aparato branquial en el esqueleto óseo de la cara y la aparición de la bóveda craneal son adquisiciones evolutivas recientes.

Cráneos fósiles y evolución del hombre

El descubrimiento de múltiples fragmentos óseos craneales y dientes fosilizados pertenecientes a homínidos extinguidos, ha permitido reconstruir con extraordinaria precisión la posible historia evolutiva del hombre. En los datos obtenidos por el estudio de los restos fósiles craneales se incluye información referente a la posición de la cabeza, a la inteligencia, al desarrollo del sistema visual, a los hábitos alimentarios, etc. Estos datos han sido deducidos del análisis morfológico de cambios en la posición de las órbitas, en el volumen craneal o en la morfología de los dientes, entre otros aspectos.

HUESOS DEL NEUROCRÁNEO

El neurocráneo tiene el aspecto de un ovoide hueco, con el eje mayor dirigido en sentido anteroposterior, y con el extremo posterior abultado. En su polo anterior presenta adosados los huesos de la cara y, por su extremo posterior, se apoya sobre la columna vertebral estableciendo la articulación craneovertebral. En este extremo posterior se encuentra un amplio orificio (**agujero magno**) de comunicación con el conducto vertebral, que permite la continuidad del

encéfalo, alojado en el neurocráneo, con la médula espinal alojada en el conducto vertebral.

Las variaciones de la morfología general del neurocráneo son abundantes y se pueden definir mediante el índice cefálico, que es la relación existente entre la dimensiones de los ejes transversal y anteroposterior. Se denomina al *cráneo braquicéfalo, dolicocéfalo* y *mesocéfalo*, respectivamente, según predomine el eje transversal, el longitudinal, o no predomine ninguno.

El neurocráneo está formado por 8 huesos (1 frontal, 2 parietales, 2 temporales, 1 occipital, 1 etmoides, y 1 esfenoides; Fig. 4-1) y puede dividirse en dos regiones, una superior, la **bóveda craneal**, y, otra inferior, la **base del cráneo**. En la descripción de todos los huesos hay que considerar dos caras, una endocraneal que mira al interior de la cavidad y otra exocraneal que mira al exterior.

En los apartados que siguen describiremos los rasgos anatómicos más relevantes de los huesos del neurocráneo.

Características generales de los huesos

1. Los huesos de la bóveda craneal son planos y están compuestos estructuralmente por una lámina central de hueso esponjoso (**diploe**) tapizada a ambos lados por sendas láminas de hueso compacto.

2. En la base del cráneo algunos huesos adoptan el aspecto de masas voluminosas. En estas regiones es característico que el hueso esté hueco en su interior, presentando una cavidad aérea, **senos aéreos**, revestida de mucosa, que se abre a las fosas nasales o a la caja del tímpano. Cuando las cavidades aéreas son múltiples y pequeñas se denominan **celdillas**. En ocasiones, las celdillas no se alojan de forma exclusiva en un hueso, sino que se establecen en la zona de contacto entre dos huesos. En estas regiones la superficie de contacto de los huesos es anfractuosa con **hemiceldillas**, que, al contactar con una superficie complementaria del hueso vecino, se transforman en celdillas mixtas.

La presencia de cavidades aéreas en el espesor de muchos huesos consigue que el cráneo, a pesar de formar un estuche resistente, sea relativamente ligero de peso.

3. Los huesos se unen por sus bordes mediante **sinartrosis**, las cuales dibujan líneas irregulares denominadas **suturas**. Las suturas son aparentes en las personas jóvenes, pero con la edad los huesos se fusionan y, en muchos casos, se pierde toda indicación de su posición inicial. Por esta razón, puede afirmarse que, en la edad adulta, el neurocráneo está formado por un solo hueso en forma de estuche que resulta de la fusión de los huesos mencionados anteriormente.

Con alguna frecuencia, en las zonas de sutura pueden aparecer intercalados pequeñas piezas óseas inconstantes que se denominan **huesos suturales** (*huesos wormianos*[1]).

4. Los accidentes más relevantes de los huesos, o de las zonas de unión entre ellos, son orificios que permiten el paso de nervios y vasos (desde y hacia la cavidad del cráneo). Los orificios arteriales y neurales se disponen, en general, a nivel de la base del cráneo. En la bóveda aparecen orificios (a veces de considerable tamaño) de paso de **venas emisarias,** que comunican las venas intracraneales con las extracraneales. Otros accidentes presentes en las superficies óseas varían considerablemente entre las caras endocraneal y exocraneal de los huesos.

La cara endocraneal está revestida por la duramadre, que es una envoltura meníngea de tejido fibroso que protege el sistema nervioso central y actúa como periostio de los huesos craneales. La duramadre posee conductos venosos en su espesor, denominados **senos de la duramadre**, que dejan surcos romos en la superficie ósea. En estos surcos pueden aparecer unas pequeñas **fositas aracnoideas** (*fositas de Pachioni*) que representan las huellas que dejan las **vellosidades aracnoides**, las cuales son formaciones meníngeas presentes en la pared de los senos venosos donde se reabsorbe el líquido cefalorraquídeo hacia la sangre. Además, la duramadre se vasculariza por arterias meníngeas que penetran por orificios de los huesos y discurren interpuestas entre la duramadre y la superficie ósea, formando finos surcos arteriales en la cara endocraneal de los huesos. Otros accidentes de la cara endocraneal están determinados por los relieves del encéfalo.

La cara exocraneal de los huesos, salvo a nivel de la bóveda craneal, es muy anfractuosa debido principalmente a la presencia de relieves de inserción de músculos y aponeurosis.

HUESO PARIETAL[2] (Fig. 4-1)

Es un hueso con forma de lámina cuadrilátera cóncava en su cara interna (endocraneal) y convexa por su cara externa (exocraneal). Forma la pared de la zona media de la bóveda craneal. Por sus bordes establece líneas de sutura bien definidas con los huesos vecinos. Por su borde anterior, o **borde frontal**, se une al frontal mediante la **sutura coronal**. Por su borde interno, o **borde sagital**, los dos parietales se unen en la **sutura sagital**, que tiene un aspecto dentado, excepto en una pequeña porción del tercio posterior del hueso, denominada **obelión**, donde la línea de sutura es recta. Por su borde posterior, o **borde occipital**, se une al occipital en la **sutura lambdoidea**. Por el borde inferior, o **borde escamoso**, se une al temporal.

El hueso tiene pocos accidentes anatómicos de interés. En la *cara externa* (exocraneal) posee dos líneas semicirculares cóncavas hacia el borde inferior, las **líneas temporales superior e inferior** que son rugosidades de inserción del músculo y fascia temporal. En la *cara interna* (endo-

[1] Descritos, por primera vez, como unidades anatómicas por O. Wormius, médico y anatómico danés (1583-1654).

[2] Parietal del latín *paries* = pared.

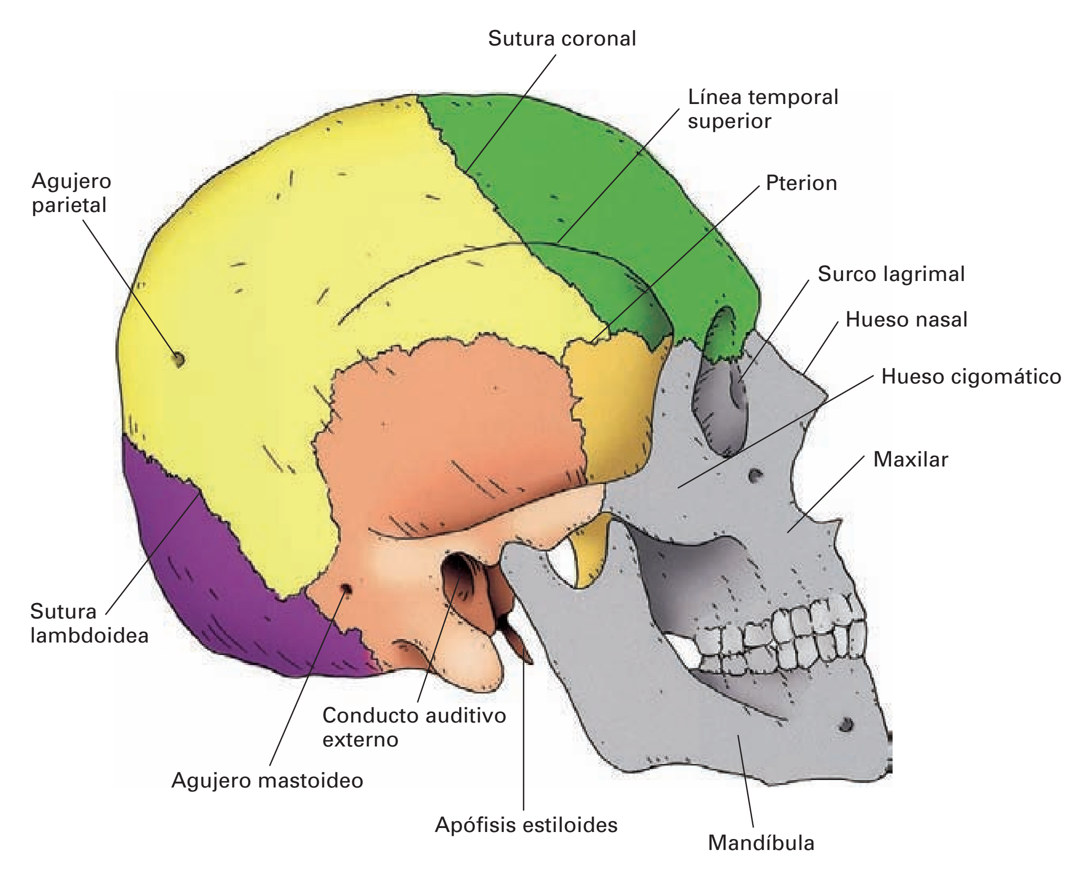


Figura 4-1. Visión lateral del cráneo. Los huesos del neurocráneo se han coloreado de la siguiente manera: frontal,verde; parietal, amarillo; occipital, morado; esfenoides, ocre; temporal, naranja; y en gris, los huesos de la cara.

craneal) posee surcos vasculares causados por las ramificaciones de la **arteria meníngea media**. Además, en la zona de unión con el parietal contralateral aparece el **surco del seno sagital superior** (*seno longitudinal superior*) que puede presentar asociadas fositas aracnoideas.

HUESO FRONTAL (Figs. 4-2 a 4-4)

Es un hueso en forma de segmento de esfera hueca aplanada en su porción inferior que se dispone en el extremo anterior del neurocráneo. Debido a su morfología se puede distinguir en él un segmento vertical, la **escama del frontal**, que forma parte de la bóveda craneal, y un segmento horizontal, la **porción orbitaria**, que forma el extremo anterior de la base del cráneo y al mismo tiempo el techo de la órbita. El hueso posee en su espesor dos senos aéreos, **senos frontales** (derecho e izquierdo), situados a los lados del plano sagital, en la zona de unión de las porciones vertical y horizontal del hueso. Los senos del frontal se comunican con un conducto del hueso etmoides que se abre en la fosas nasales (véase Fosas nasales).

Para describir el hueso conviene considerar en él dos caras, externa (exocraneal) e interna (endocraneal).

Cara externa (Figs. 4-2 y 4-3)

La cara externa posee una porción superior vertical dispuesta bajo la piel de la frente y una porción horizontal que forma el techo de la órbita. Entre las dos porciones se interpone un borde muy acentuado en el que se pueden distinguir tres sectores, uno central, el **borde nasal**, y dos laterales, los **bordes supraorbitarios**. El borde nasal se articula con huesos de la cara que forman parte de las paredes de las fosas nasales (apófisis frontal del maxilar y huesos nasales) y tiene el aspecto de una escotadura angular con una prominencia ósea en su vértice, la **espina nasal**. Los bordes supraorbitarios constituyen la parte superior del reborde de la fosa orbitaria y tienen forma de arco, cuyos extremos lateral y medial se denominan, respectivamente, **apófisis cigomática** (*apófisis orbitaria externa*) y **apófisis orbitaria medial**. En la parte próxima a la apófisis orbitaria medial el borde supraorbitario presenta una pequeña **escotadura supraorbitaria** debida al paso del nervio y de los vasos supraorbitarios.

La **porción vertical** (Fig. 4-2) se corresponde con la escama del frontal y muestra una superficie lisa con los siguientes accidentes anatómicos: 1) en la parte inferior de la línea media aparece la **sutura metópica**[3] (**sutura**

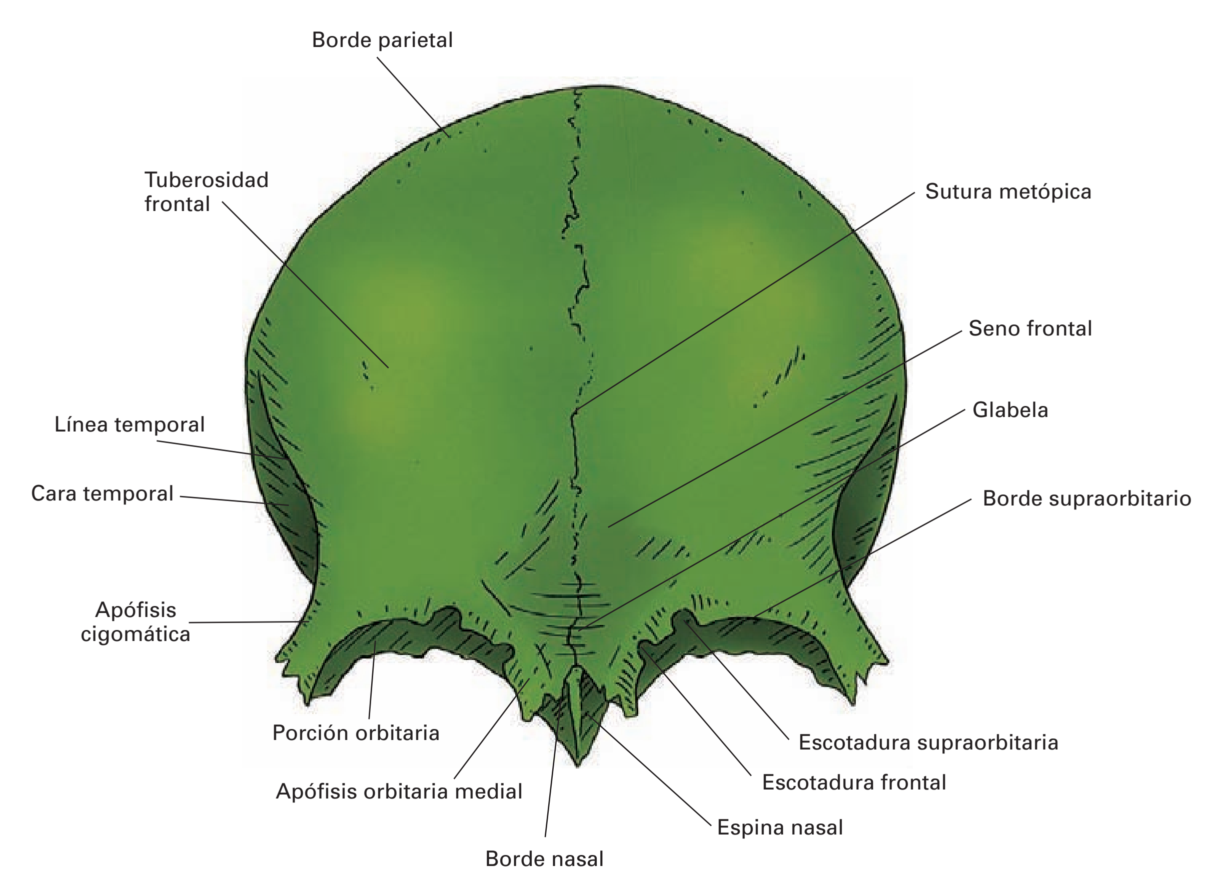


Figura 4-2. Frontal (cara exocraneal), visión anterior. La sutura metópica se ha representado como aparece en un cráneo juvenil.

frontal), que es un resto de la sutura que unía en el feto las dos mitades constituyentes del hueso. La sutura comienza en una prominencia situada sobre la nariz, la **glabela**[4]; 2) a los lados de la sutura y por encima de los bordes supraorbitarios aparecen los **arcos superciliares**, que son abultamientos en forma de arco en cuyo espesor se dispone el seno frontal; 3) por encima de los arcos superciliares la escama presenta unas eminencias romas, las **tuberosidades frontales**, que hacen relieve en la frente; 4) del extremo lateral de los bordes supraorbitarios, y prolongando hacia arriba la apófisis cigomática, se encuentra una cresta ósea ascendente, la **línea temporal**; 5) lateralmente a la línea temporal, la escama está aplanada y forma parte de la pared lateral de la bóveda craneal (**cara temporal**).

La **porción horizontal** (porción orbitaria; Fig. 4-3) es una lámina ósea muy fina en la que aparece una gran escotadura central, la **escotadura etmoidal**, donde queda encajado el etmoides, que forma el techo de las fosas nasales. A los lados de la escotadura etmoidal están las **superficies etmoidales**, que son superficies anfractuosas donde se articula el hueso etmoides. La mayoría de las anfractuosidades de esta superficie corresponden a **hemiceldillas frontales** que, al acoplarse al etmoides, se transforman en celdillas etmoidofrontales. Además de las hemiceldillas, la superficie etmoidal está recorrida por dos surcos transversales, **surcos etmoidales anterior** y **posterior**, los cuales, al articularse con el etmoides, se transforman en **conductos etmoidales** que ponen en comunicación la parte más anterior de la cavidad craneal con la órbita. Lateralmente a las superficies etmoidales, se disponen unas ámplias superficies óseas que forman el techo de la órbita. En la parte lateral de estas regiones puede palparse una huella causada por la glándula lagrimal, la **fosa de la glándula lagrimal**. En el extremo medial de la superficie orbitaria se localiza una pequeñita fosa, la **fosita troclear**, donde se refleja el tendón del músculo oblicuo superior del ojo.

Cara interna (Fig. 4-4)

Al igual que la cara externa, consta de un segmento vertical, correspondiente a la escama, y una porción horizontal.

La porción vertical es lisa, y en la línea media está recorrida por el **surco del seno sagital superior**, que suele presentar asociadas, **fositas aracnoideas**, de tamaño va-

[3] Metópica del griego *metopon* = frente.
[4] Glabela, del latín *glaber* = carente de pelos.

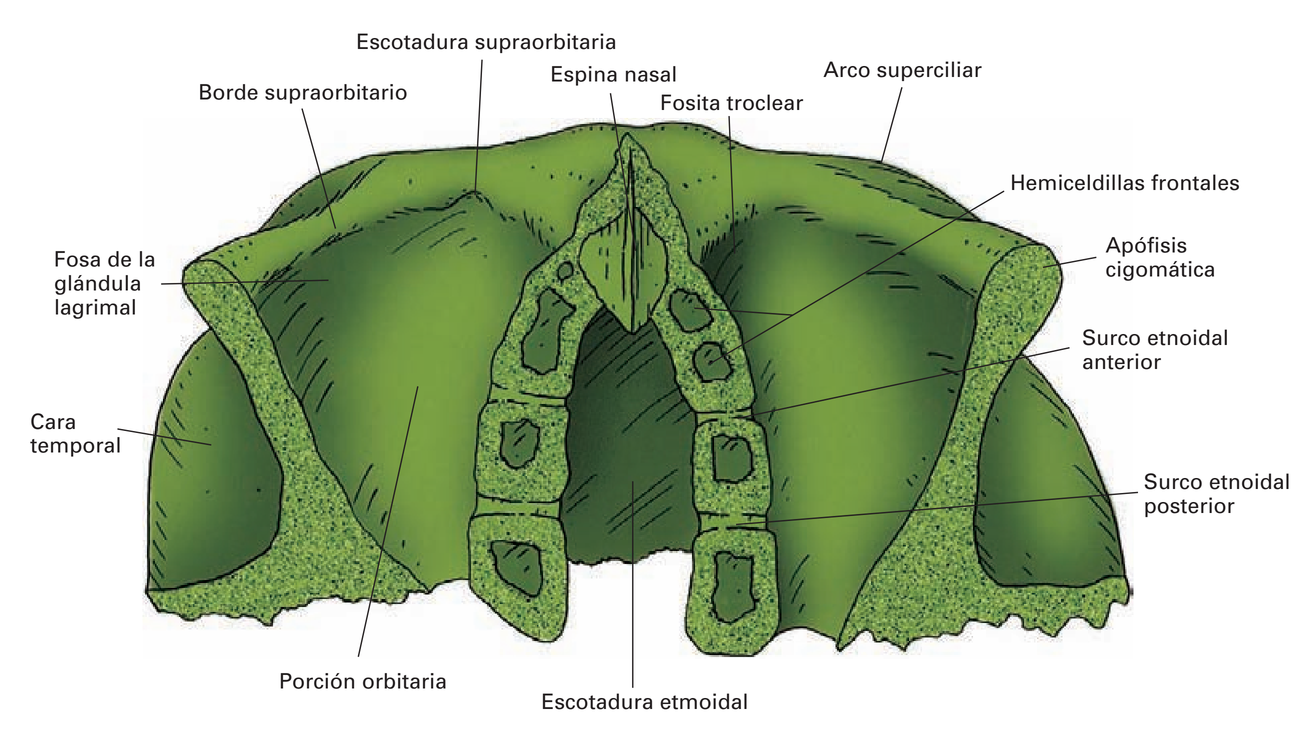


Figura 4-3. Frontal (porción orbitaria), visión inferior.

riable. El surco del seno sagital superior al aproximarse a la porción horizontal se transforma en una **cresta frontal**.

La porción horizontal pertenece a la base del cráneo y está interrumpida en la zona media por la escotadura etmoidal. Lateralmente a la escotadura etmoidal la porción horizontal consiste en sendas láminas óseas que separan a la cavidad craneal de la órbita. En las superficies de estas regiones aparecen pequeñas elevaciones, **eminencias mamilares**, y depresiones, **impresiones digitales**, que están determinadas por la superficie del encéfalo.

Bordes

El frontal, mediante el borde libre de la escama, se une principalmente a los parietales, formando la **sutura coronal**. En los extremos laterales se une a las alas mayores del esfenoides (véase norma lateral del cráneo). Por el borde libre de la porción horizontal, el frontal contacta con las alas menores del esfenoides. Además, como ya se ha descrito, a nivel de la escotadura etmoidal contacta con el hueso etmoides.

HUESO ETMOIDES[5] (Fig. 4-5)

Es un hueso muy irregular que se forma por una fina lámina ósea vertical mediosagital, la **lámina perpendicular**; una lámina ósea horizontal, la **lámina cribosa**, que cruza la anterior cerca de su extremo superior; y dos masas óseas voluminosas que se proyectan caudalmente desde los extremos laterales de la lámina cribosa siguiendo un trayecto paralelo a la lámina perpendicular. A estas masas laterales se las denomina **laberinto etmoidal** por estar ocupadas en su totalidad por múltiples cavidades aéreas (**celdillas etmoidales**) en comunicación con las fosas nasales.

El etmoides está encajado en la escotadura etmoidal del frontal, formando parte, por su lámina cribosa, de la base del cráneo (Fig. 4-28) y del techo de las fosas nasales (Fig. 4-23). Los laberintos etmoidales cuelgan de las superficies etmoidales del frontal, y se interponen entre la fosa orbitaria y las fosas nasales. La lámina perpendicular interviene en la formación del tabique nasal.

Lámina cribosa. Se denomina así por estar atravesada por numerosos orificios. De ellos, la mayoría da paso a los nervios olfatorios. Además, el **orificio etmoidal anterior**, que se distingue por ser un poco mayor que los anteriores, da paso al nervio del mismo nombre. La superficie superior de la lámina forma parte de la base del cráneo y está dividida en dos mitades por una apófisis prominente, la **apófisis crista galli**, que representa el segmento intracraneal de la lámina perpendicular del etmoides. A los lados de la apófisis crista galli, la lámina cribosa está recorrida de delante hacia atrás por el surco olfatorio, huella causada por el bulbo olfatorio.

Lámina perpendicular. Se dispone a modo de cruz con respecto a la lámina cribosa, de forma que tiene un segmento superior intracraneal, la apófisis crista galli, que se ha descrito antes, y un segmento inferior que contribuye a la formación del tabique nasal (véase Fosas nasales).

[5] Etmoides del griego *ethmos* = criba o cedazo.

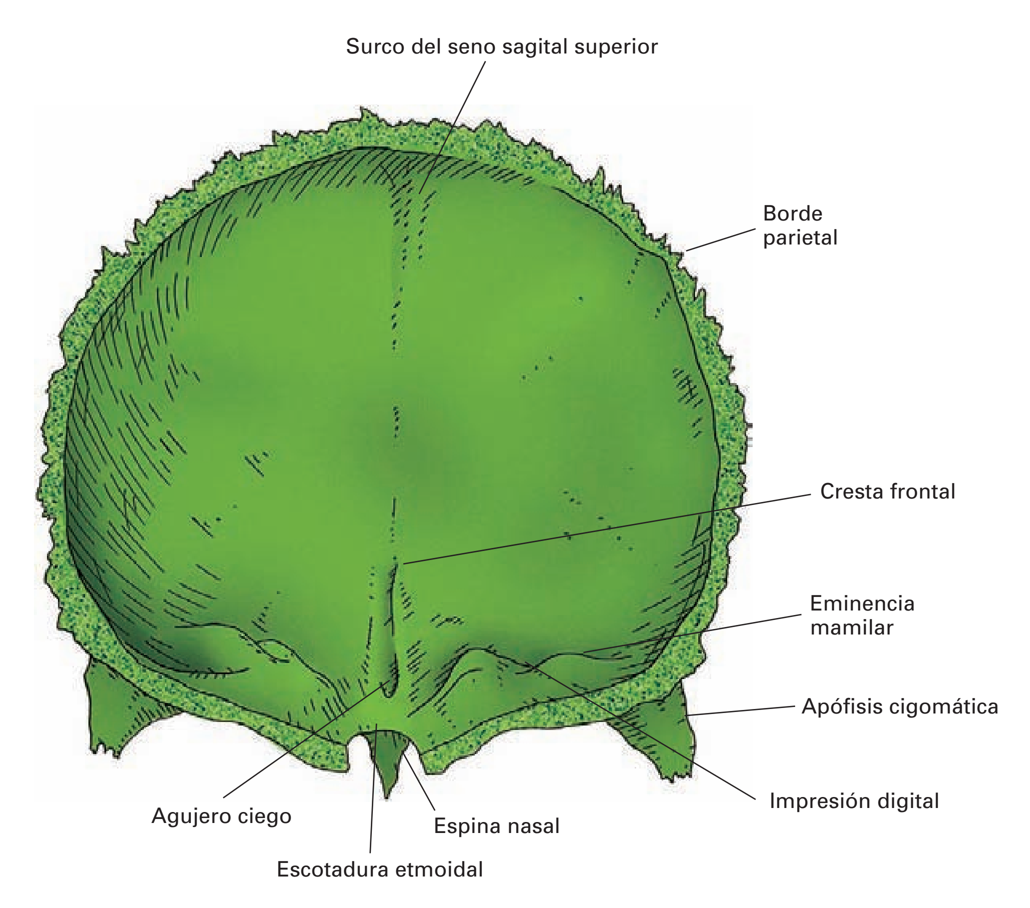


Figura 4-4. Frontal (cara interna), visión posterior.

Laberinto etmoidal (*masas laterales*). Tiene una forma más o menos rectangular en la que, con fines didácticos, se pueden distinguir ocho caras.

La *cara superior* se dispone a continuación de los extremos laterales de la lámina cribosa y se une a las superficies etmoidales de la porción horizontal del frontal. Como ya se ha descrito, las superficies de contacto entre los huesos presentan anfractuosidades que, en conjunto, van a formar celdillas óseas mixtas y, también, los conductos etmoidales anterior y posterior (véase Hueso frontal).

Las *caras anterior*, *posterior* e *inferior* son estrechas y anfractuosas y contactan respectivamente con los huesos lagrimal, la porción lateral del cuerpo del esfenoides, y el maxilar, formando en todos los casos celdillas óseas mixtas.

La *cara lateral* aparece como una fina lámina ósea, la **lámina orbitaria** (*lámina papirácea*), que forma parte de la pared interna de la órbita.

La *cara medial* forma parte de la pared lateral de las fosas nasales (Figs. 4-5 y 4-23), y se caracteriza por poseer una forma muy irregular, con abundantes relieves que contribuyen a conformar la cavidad nasal. Dentro de los relieves destacan los **cornetes nasales** (*conchas nasales*), que son láminas óseas curvadas que se proyectan como toldos hacia la cavidad nasal, dividiéndola de forma incompleta en pisos, denominados **meatos**. Hay dos cornetes originados del etmoides, el superior y el medio, y delimitan entre ellos el **meato superior**. Además, por debajo del cornete medio se dispone el **meato medio,** que se delimita caudalmente por el **cornete inferior** (**concha nasal inferior**), una pieza ósea independiente del etmoides. La porción de la cara medial del laberinto etmoidal correspondiente al meato medio presenta un abultamiento, la **ampolla etmoidal** (**bulla etmoidal**), determinado por una celdilla ósea especialmente prominente. Por delante de la ampolla etmoidal emerge una laminilla ósea, la **apófisis unciforme**, que se proyecta dorsocaudalmente para articularse con el cornete inferior y con el hueso maxilar (Fig. 4-23) contribuyendo a delimitar la abertura nasal del seno maxilar (véase fosas nasales). Entre la apófisis unciforme y la ampolla etmoidal se labra un surco profundo, el **infundíbulo,** el cual, por su extremo superior, continúa a un conducto que, procedente del seno frontal, desciende en el espesor del hueso (véase Fig. 9-6).

Celdillas etmoidales

El espesor del laberinto etmoidal está totalmente ocupado por celdillas etmoidales, incluyendo celdillas mixtas que se

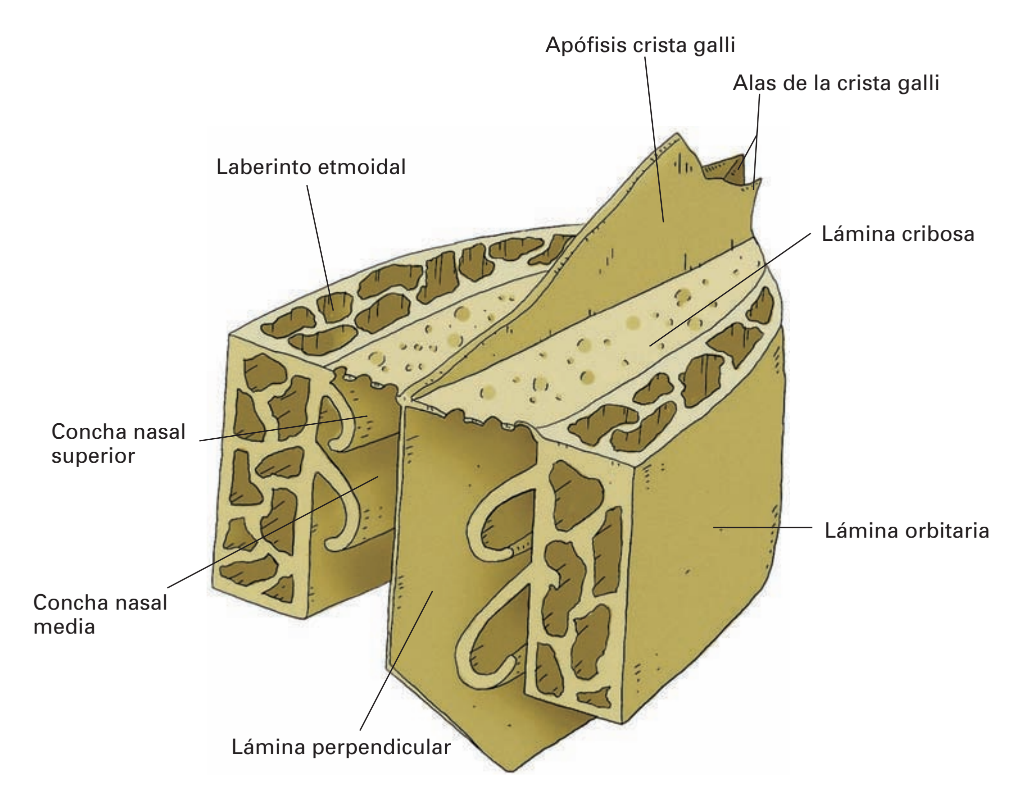


Figura 4-5. Etmoides, visión oblicua posterior. (Modificado de Santos Gutiérrez.)

localizan en las zonas de contacto del etmoides con otros huesos. En conjunto, las celdillas constituyen un complejo laberinto, ya que se comunican unas con otras y, en algunos puntos, acaban abriéndose a la cavidad nasal. Las celdillas anteriores y medias (incluyen las celdillas frontoetmoidales) se abren al meato medio junto con el seno frontal. Las celdillas posteriores (incluyendo las celdillas esfenoetmoidales) se abren al meato superior.

HUESO OCCIPITAL[6] (Figs. 4-6 y 4-7)

Es una lámina ósea de silueta romboidal, cóncavo en su superficie endocraneal. Forma la parte posterior de la base del cráneo y contribuye a la formación del extremo posterior de la bóveda. En el tercio anterior del hueso se localiza el **agujero magno**, que pone en comunicación la cavidad craneal con el conducto vertebral. La posición del agujero magno permite dividir el hueso en cuatro porciones que, en el recién nacido, aparecen como piezas óseas independientes unidas por cartílago:1) la **porción basilar**, situada por delante del agujero; 2) la **escama**, situada por detrás del agujero; y 3) las **porciones laterales** (*porciones condíleas*) dispuestas a ambos lados del agujero, conectando a las otras dos.

[6] Occipital del latín *occipio* = yo comienzo.

Porción basilar

Es una masa ósea rectangular que se une por su extremo anterior al cuerpo del esfenoides.

En la *cara exocraneal* se observa un tubérculo impar y medio, el **tubérculo faríngeo**, donde se ancla la fascia faríngea. A los lados se disponen dos crestas óseas en las que se insertan algunos músculos prevertebrales.

La *cara endocraneal* forma una superficie lisa y acanalada, y recibe el nombre de **clivus** (*canal basilar*). Sobre ella se apoyan el tronco del encéfalo y la arteria basilar.

En los bordes laterales se encuentra el **surco del seno petroso inferior** y se une a la porción petrosa del hueso temporal.

Porciones laterales

En la *cara exocraneal* se sitúan los **cóndilos**, que son superficies articulares convexas, en forma de zapatilla, para el atlas. Por delante y fuera del cóndilo se encuentra la **fosa condílea anterior** donde se abre el **conducto del hipogloso**, por donde pasa el nervio del mismo nombre.

En la *cara endocraneal* se dispone, por delante, un relieve, el **tubérculo yugular**, e internamente a él, el **orificio del conducto del hipogloso**. Por detrás del tubérculo yugular, y en las proximidades del borde lateral, aparece el **surco del seno sigmoideo**.

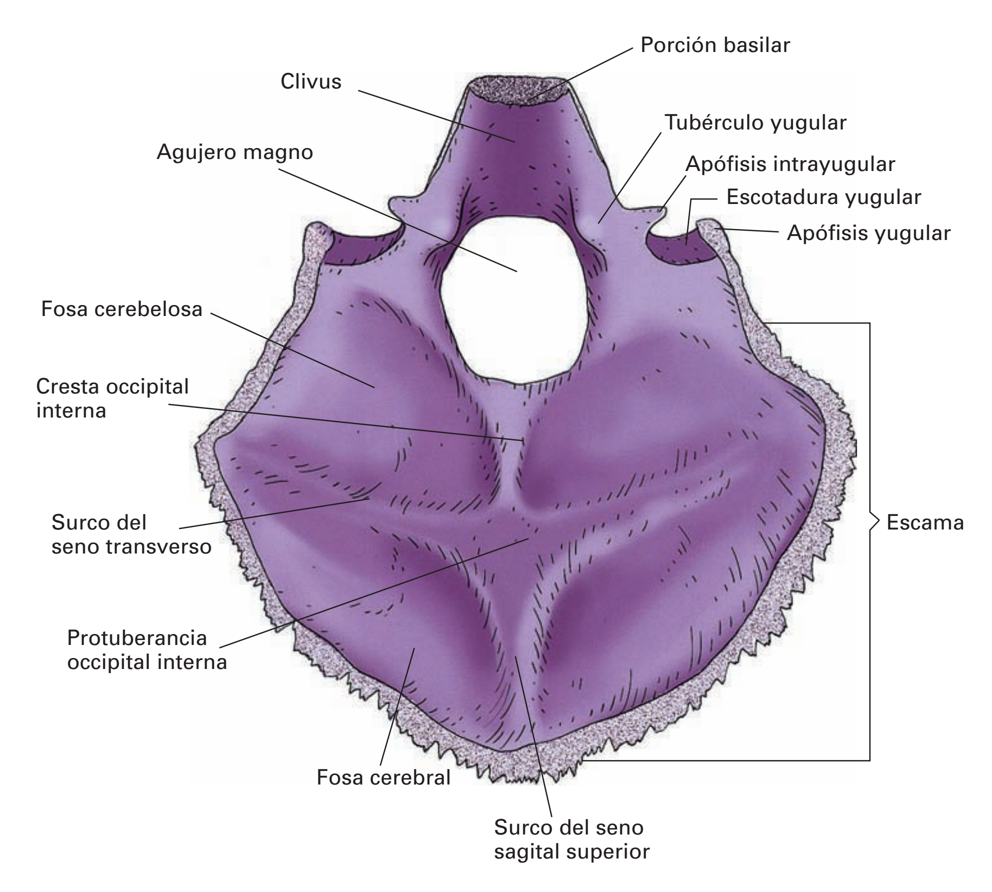


Figura 4-6. Occipital, cara endocraneal.

El *borde lateral* está dividido en dos porciones por una apófisis prominente, la **apófisis yugular,** la cual contacta con el hueso temporal. Por detrás de la apófisis, el hueso está unido al temporal. Por delante de la apófisis, el borde está alejado del temporal delimitando con él un amplio orificio, el **agujero yugular** (*agujero rasgado posterior*), que está dividido en dos sectores por una fina **apófisis intrayugular**. Por detrás de las apófisis intrayugulares se origina la **vena yugular interna** como continuación de senos venosos intracraneales. Por delante de las apófisis intrayugulares emergen los nervios accesorio, vago y glosofaríngeo.

Escama

Es una lámina ósea robusta con forma romboidal y fuertemente cóncava hacia la cavidad craneal.

En la *cara exocraneal* se localizan numerosos relieves de inserción de los músculos de la región dorsal del cuello. En el centro presenta la **protuberancia occipital externa**. Desde ésta hasta el agujero occipital se extiende una cresta media, la **cresta occipital externa**. Además, la escama está recorrida a cada lado por dos crestas tranversales , la **línea nucal superior**, originada a nivel de la protuberancia occipital externa, y la **línea nucal inferior**, originada de la cresta occipital externa.

En la *cara endocraneal* (Fig. 4-6) aparecen dos grandes fosas a cada lado, denominadas **fosas cerebrales** las posterosuperiores y fosas **cerebelosas** las anteroinferiores, por relacionarse con tales estructuras nerviosas. Entre las fosas se interponen surcos que marcan el trayecto de senos de la duramadre. El **surco del seno tranverso** separa las cerebelosas de las cerebrales. Las fosas cerebrales izquierda y derecha se separan por el **surco del seno sagital superior**. Las fosas cerebelosas izquierda y derecha se separan por la **cresta occipital interna**. El punto medio en el que convergen el surco longitudinal y los tranversales forma la **protuberancia occipital interna**.

El *borde lateral* de la escama se une a los bordes posteriores de los parietales en la sutura lambdoidea.

Hueso de los incas

La zona de la escama del occipital correspondiente al punto de confluencia con los dos huesos parietales (lambda) aparece con frecuencia como un hueso triangular independizado del resto del occipital. La incidencia de este hueso alcanza cifras superiores al 30 % en la población peruana, por lo que ha sido denominado hueso de los incas (hueso interparietal).

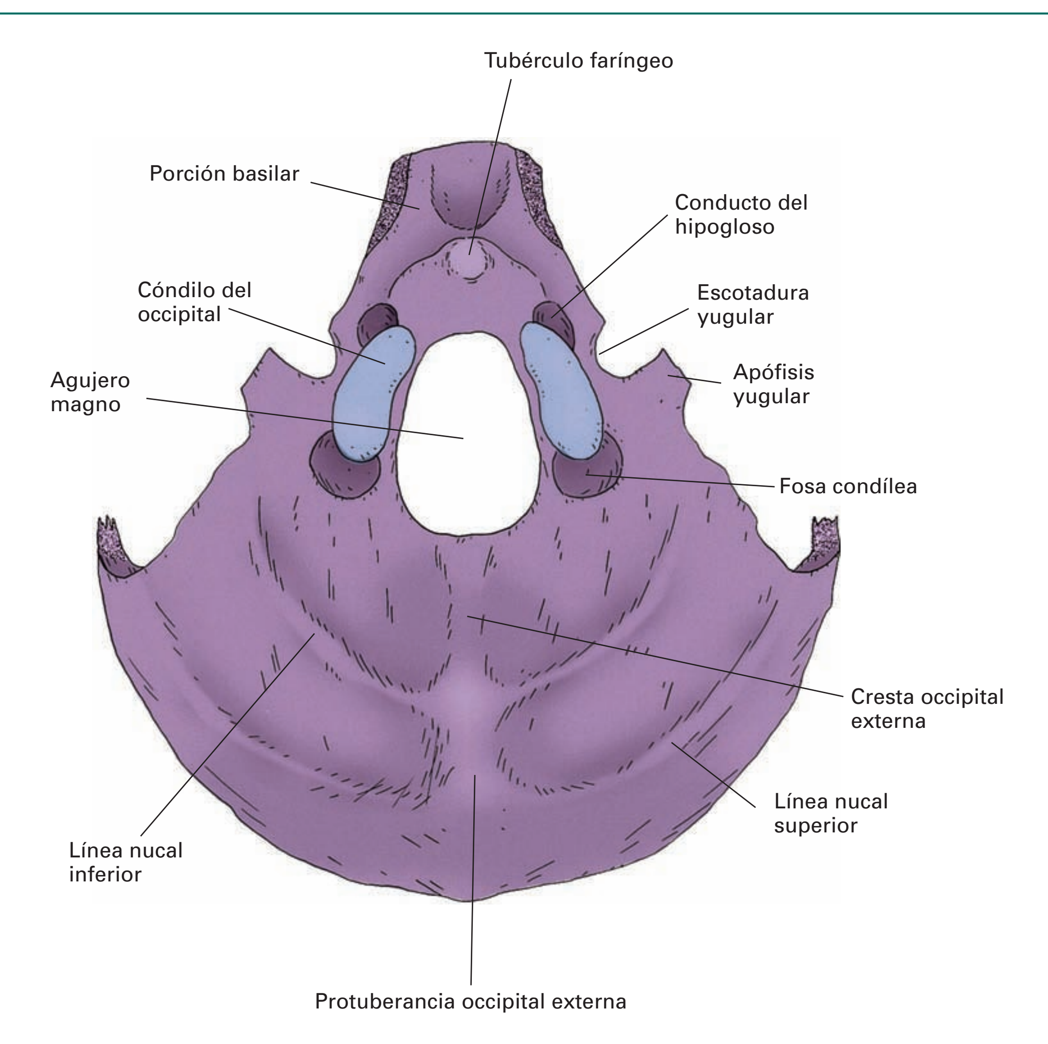


Figura 4-7. Occipital, cara exocraneal.

HUESO ESFENOIDES (Figs. 4-8 a 4-10)

Recibe su nombre por disponerse como una cuña[7] entre la cara y el cerebro. Es un hueso muy irregular que forma la porción central de la base del cráneo (Fig. 4-28). Se sitúa por detrás del frontal y etmoides, y por delante del occipital.

Se le compara morfológicamente a un murciélago[8] (Fig. 4-8) en el que se puede distinguir un **cuerpo** cúbico central, del que emergen, hacia ambos lados, dos láminas óseas irregulares denominadas, por su forma y tamaño, **alas mayores** y **alas menores**, y hacia abajo, otro par de láminas óseas a modo de patas, las **apófisis pterigoides**.

[7] Esfenoides del griego *sphen* = cuña.
[8] Hay quien propone que esfenoides proviene del griego *sfecós* = murciélago.

Cuerpo

Tiene forma de dado con seis caras y su interior está ocupado por dos **senos esfenoidales** (derecho e izquierdo) separados por un fino tabique óseo.

La *cara superior* (Fig. 4-9) forma el suelo de la zona central de la base del cráneo y presenta dos regiones diferenciadas. La porción anterior, denominada **yugo esfenoidal**, es una superficie lisa que se dispone a continuación de la lámina cribosa del etmoides. La porción posterior aparece como una gran depresión donde se aloja la hipófisis, la **fosa hipofisaria** (*silla turca*). Entre las dos zonas hay algunos accidentes entre los que destaca un surco transversal, el **surco prequiasmático** (*surco óptico*) originado por el quiasma óptico. La parte posterior de la fosa hipofisaria, denominada **dorso de la silla** (*lámina cuadrilátera*), es una lámina ósea prominente cuyos ángulos superolaterales, muy salientes, reciben el nombre de **apófisis clinoides posteriores**. Por detrás del dorso de la silla el cuerpo del esfenoides se continúa con la porción basilar del occipital.

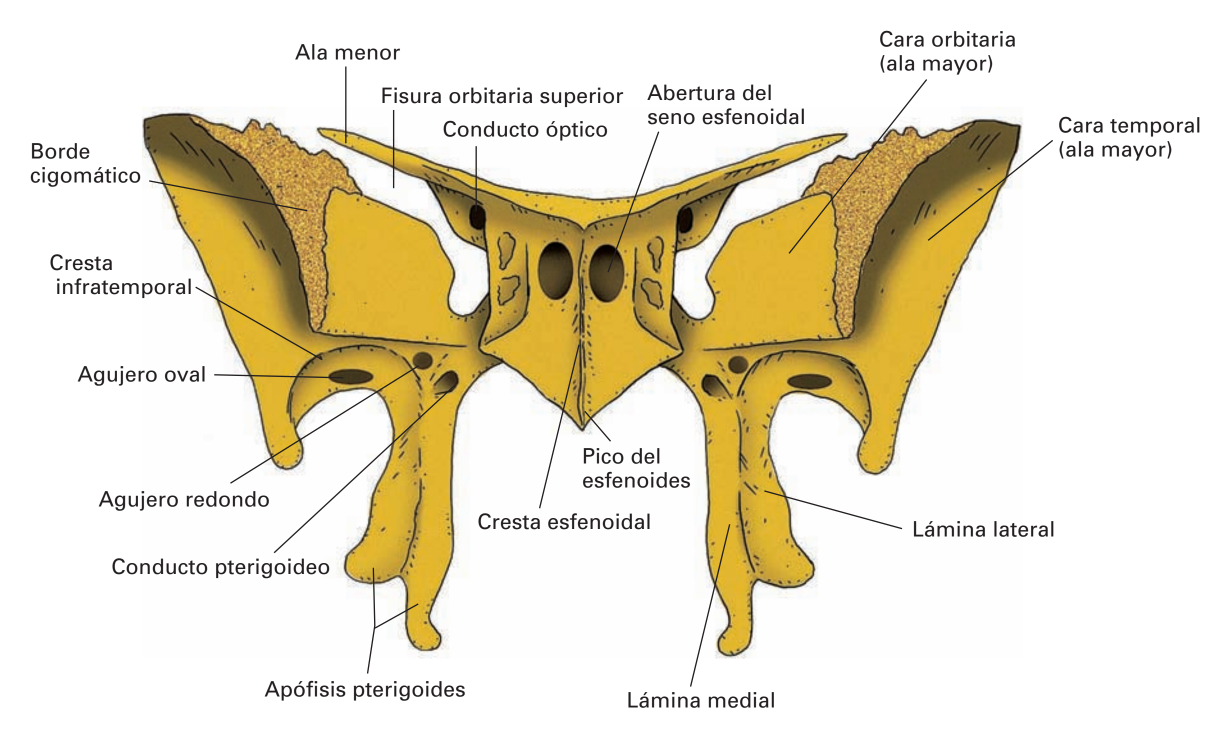


Figura 4-8. Esfenoides, visión anterior.

La *cara anterior* (Fig. 4-8), es exocraneal y forma parte del techo de la fosas nasales. Presenta un cresta vertical en la línea media, la **cresta esfenoidal**, que se une a la lámina vertical del etmoides. A ambos lados de la cresta están situados los **orificios de entrada al seno esfenoidal**, abiertos a las fosas nasales. Más lateralmente, se dispone la superficie de unión con la cara posterior del laberinto etmoidal, donde se labran hemiceldillas que completan cavidades aéreas con el etmoides.

La *cara posterior* (Figs. 4-10 y 4-28) se corresponde con la zona de soldadura a la porción basilar del occipital. En los cráneos de sujetos adultos los dos huesos están totalmente fusionados y no hay indicación de su antigua sutura.

La *cara inferior* es exocraneal y contribuye, igual que la cara anterior, a la formación del techo de las fosas nasales (Fig. 4-23). A lo largo de la línea media se observa la **cresta esfenoidal inferior** que forma por delante una gran promi-

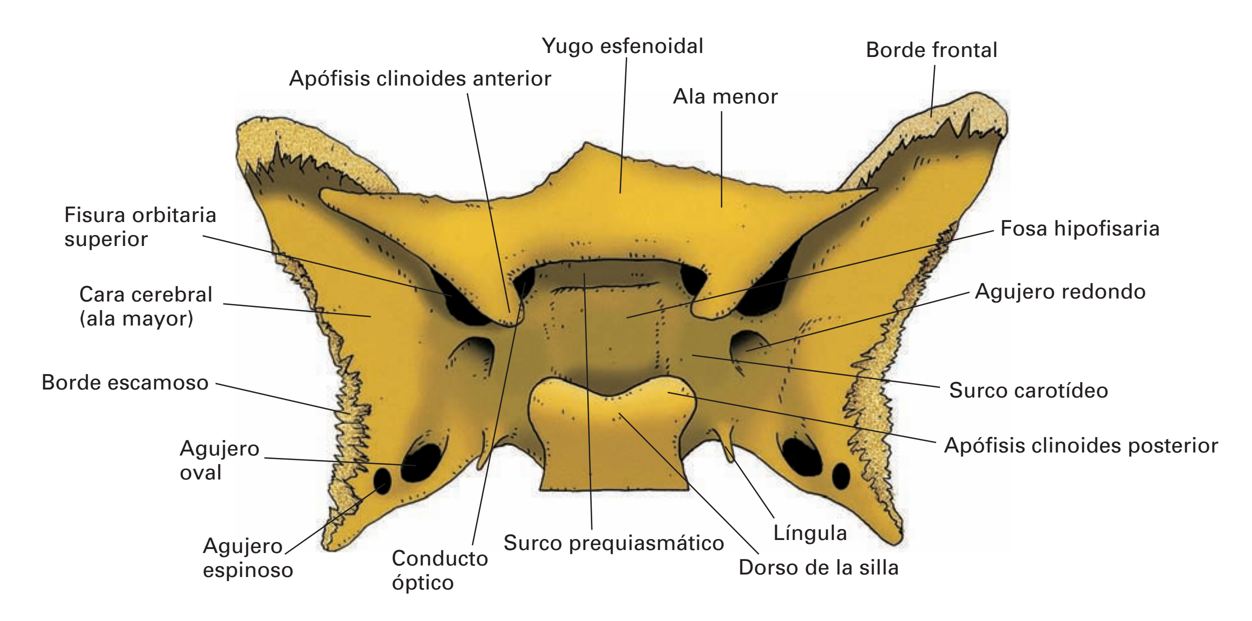


Figura 4-9. Esfenoides, visión superior (endocraneal).

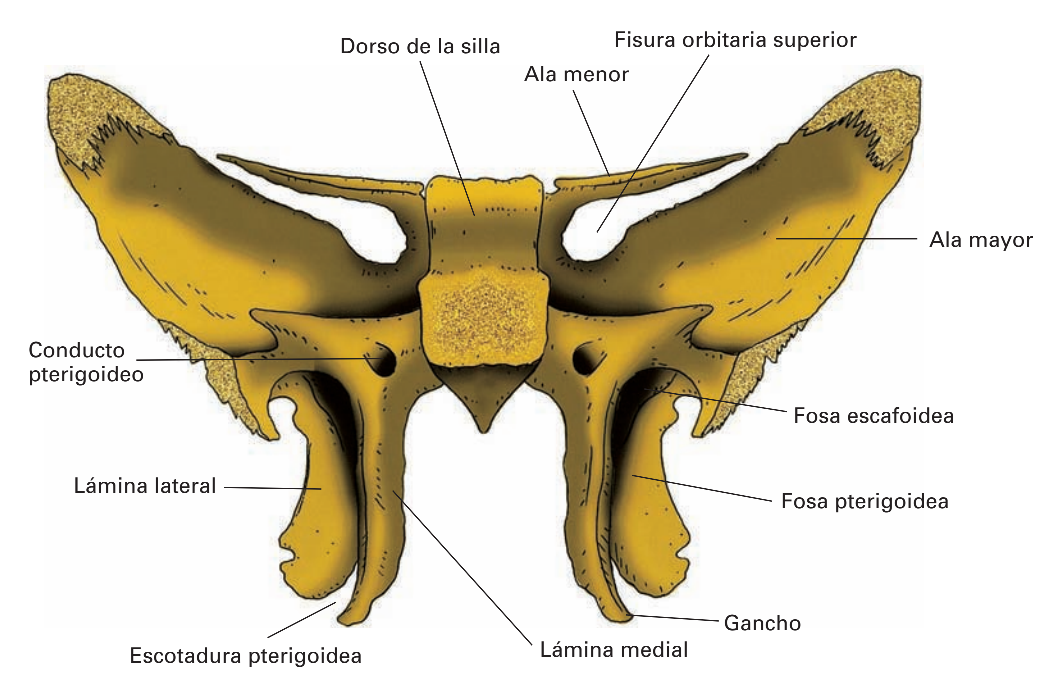


Figura 4-10. Esfenoides, visión posterior.

nencia denominada **pico del esfenoides**. La cresta esfenoidal inferior es una zona donde se acopla el vómer. De las partes laterales de esta cara inferior arrancan hacia abajo las apófisis pterigoides, como se describirá más adelante.

Las *caras laterales* presentan a ambos lados de la fosa hipofisaria el **surco carotídeo** (*surco del seno cavernoso*). El resto de la cara corresponde a las regiones de donde arrancan las alas del esfenoides.

Alas menores

Son dos láminas óseas horizontales y lisas, con forma triangular de vértice lateral, que continúan hacia los lados a la cara superior del cuerpo del esfenoides (yugo esfenoidal). Están situadas, por tanto, inmediatamente por detrás de la porción horizontal del frontal (Fig. 4-28).

Cerca de su origen, un puente óseo une el ala menor con el cuerpo, a los lados del surco prequiasmático. Entre este puente óseo, el cuerpo esfenoidal y el origen del ala menor se delimita el **conducto óptico**, una importante comunicación con la órbita por donde pasa el fascículo óptico y la arteria oftálmica.

Cada ala consta de una *cara superior* que forma parte del suelo de la base del cráneo; una *cara inferior* que forma parte del techo de la órbita; un *borde anterior* de unión con la porción horizontal del frontal; y un *borde posterior* libre, ya que por debajo del ala menor se dispone una amplia hendidura, la **fisura orbitaria superior**. Esta fisura se delimita por debajo por el ala mayor y establece una amplia comunicación entre la órbita y el interior del cráneo. La parte más interna del borde se extiende hacia atrás formando una prolongación ósea denominada **apófisis clinoides anterior**[9].

Alas mayores

Son dos láminas óseas irregulares que arrancan, a modo de alas, de la cara lateral del cuerpo del esfenoides, por debajo del surco carotídeo. Cada ala consta, de una cara endocraneal amplia y cóncava que forma parte del suelo de la base del cráneo, y una cara exocraneal, muy irregular, que contribuye a formar las paredes de la fosa orbitaria y de las fosas temporal e infratemporal.

La *cara endocraneal* (Figs. 4-9 y 4-28) forma, a los lados de la fosa hipofisaria, una amplia superficie cóncava con eminencias mamilares e impresiones digitales donde se aloja el polo temporal del cerebro. En la zona próxima al cuerpo del esfenoides se encuentran tres orificios: el anterior, **agujero redondo**, se abre a la fosa pterigopalatina; el medio, **agujero oval**, que es el mayor de los tres; y el posterior, **agujero espinoso** (*agujero redondo menor*), que es el más pequeño. Estos dos últimos se abren a la fosa infratemporal.

La *cara exocraneal* (Fig. 4-8) está recorrida por un cresta vertical articular con el hueso cigomático (*malar*), denominada **borde cigomático**, que la divide en dos grandes sectores. Medialmente a la cresta se dispone la **cara orbitaria**, que forma parte de la pared externa de la fosa orbitaria. El

[9] Clinodes del griego *klinos* = cama. La razón es que se consideraba a las 4 apófisis clinoides como las patas de una gran cama con dosel (la silla turca).

sector lateral a la cresta consta, a su vez, de una porción superior vertical, la **cara temporal**, que asciende por la pared lateral del cráneo hasta contactar con la escama del frontal y el extremo anteroinferior del parietal, y una porción inferior casi horizontal, la **cara infratemporal**, que participa en la formación de la fosa que llevan el mismo nombre. Entre estos dos sectores se interpone la **cresta infratemporal**.

En el *borde* que separa las caras endocraneal y exocraneal pueden distinguirse (Fig. 4-28): 1) un sector anterior que es libre y delimita con las alas menores la fisura orbirtaria superior; 2) un sector lateral articular, primero para el frontal y el ángulo anteroinferior del parietal y luego para la escama del temporal; y 3) un sector posterior que se articula con la porción petrosa del temporal.

Apófisis pterigoides (Figs. 4-8 y 4-10)

Son dos láminas óseas que cuelgan de la parte lateral de la cara inferior del cuerpo y de la raíz del ala mayor del esfenoides. Cada apófisis consta de dos l**áminas**, una **medial** y otra **lateral**, unidas por su margen anterior, a modo de las tapas de un libro semiabierto, con el lomo hacia delante. Entre las dos láminas se labra un fosa prominente, la **fosa pterigoidea**, en cuyo extremo superointerno se identifica una pequeña fosa adicional, la **fosita escafoidea**.

En la zona superior de implantación, las apófisis pterigoides están atravesadas por el **conducto pterigoideo** (*conducto vidiano*).

En la zona inferior las láminas carecen de zona anterior de fusión, por lo que quedan separadas por una hendidura, la **escotadura pterigoidea**, donde se encaja la apófisis piramidal del hueso palatino. En este extremo inferior, el ala medial se prolonga por una fina prominencia ósea, el **gancho** de la apófisis pterigoides, que es utilizado por el músculo tensor del velo del paladar como polea de reflexión.

HUESO TEMPORAL (Figs. 4-11 a 4-13)

Es uno de los huesos del cráneo más complejos, ya que contiene es su interior el órgano del oído y del equilibrio. Se sitúa en la parte lateral e inferior del cráneo, en la región que lleva el mismo nombre[10]. Embriológicamente, el hueso resulta de la fusión de tres huesos presentes antes del nacimiento, el **timpánico**, la **escama** y la **porción petrosa**, a los que se añade un cuarto componente, la **apófisis estiloides**, que es un derivado de los arcos branquiales. Sin embargo, en el adulto los constituyentes del temporal están totalmente fusionados y apenas se reconocen fisuras lineales que marcan los antiguos límites de cada pieza ósea embrionaria.

[10] La razón del nombre de hueso temporal se debe a que ocupa la zona de la cabeza donde primero se pone el pelo blanco con el paso del tiempo.

En el presente capítulo describiremos la configuración externa del hueso adulto, para cuya descripción resulta útil dividir el temporal en 3 regiones morfológicamente diferentes: la **escama**, la **porción mastoidea** y la **región petrosa**, en cuyo centro de convergencia se dispone el **orificio del conducto auditivo externo**. Estas regiones no coinciden con las piezas embrionarias del hueso, ya que la región mastoidea y la porción petrosa son derivados de la porción petrosa embrionaria. Por otro, lado la región petrosa del hueso adulto tiene adosados el hueso timpánico y la apófisis estiloides. En las ilustraciones del hueso se representan las partes embriológicas del hueso en diferentes colores para que el lector puede correlacionar los detalles anatómicos con su origen embrionario.

Escama

Es una lámina ósea semicircular, dispuesta verticalmente en la pared lateral de la bóveda craneal. Por su zona inferior está incurvada hacia dentro, dando lugar a un segmento horizontal que se integra en la base del cráneo.

Cara exocraneal (Fig. 4-11). Está dividida en dos porciones por una gran apófisis, la **apófisis cigomática**[11]. Esta apófisis posee una superficie horizontal de implantación en la escama y una zona libre que se extiende hacia delante a modo de arco, para articularse en su extremo con el hueso cigomático. La zona de implantación se dispone inmediatamente por encima del orificio del conducto auditivo externo y se prolonga hacia atrás por un relieve, la **raíz longitudinal de la apófisis cigomática** (*cresta supramastoidea*). La porción libre de la apófisis forma, con el hueso cigomático, el **arco cigomático** (*asa de la calavera*).

Por encima de la apófisis cigomática la escama es lisa y presta inserción al músculo temporal.

Por debajo de la apófisis cigomática se sitúa el segmento horizontal de la escama donde se reconocen, de anterior a posterior, los siguientes accidentes (Fig. 4-12): 1) **superficie subtemporal**, que es una pequeña superficie plana que participa en la formación del techo de la fosa infratemporal; 2) el **tubérculo articular** (*cóndilo del temporal*), también denominado, **raíz transversa de la apófisis cigomática**, porque es un relieve transversal, convexo en sentido anteroposterior, que emerge desde la zona anterior de implantación de la apófisis cigomática y participa en la formación de la superficie articular para la mandíbula; 3) **tubérculo cigomático anterior**, que es un engrosamiento de la apófisis cigomática que se localiza en la zona de confluencia entre ésta y el tubérculo articular; 4) la **fosa mandibular** (*cavidad glenoidea*), que es una zona deprimida dispuesta por detrás del tubérculo articular, recorrida transversalmente por la **fisura timpanoescamosa** (*fisura*

[11] Cigomático del griego *zygoma* = yunta de bueyes.

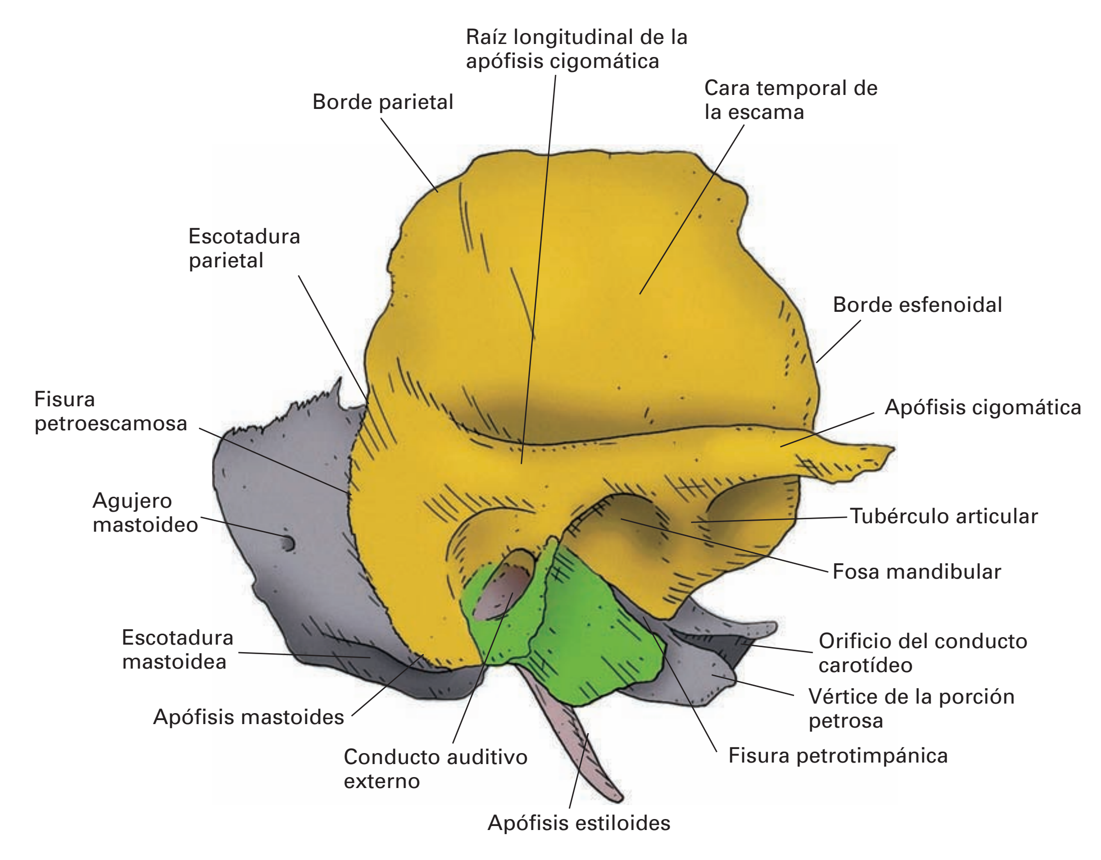


Figura 4-11. Temporal, visión lateral. En diferentes colores se representan las porciones embrionarias del hueso (ocre, porción escamosa; verde, porción timpánica; gris, porción petromastoidea; rosa, apófisis estiloides).

de Glaser). La fisura es una hendidura que marca la separación entre las porciones timpánica y escamosa del temporal, y divide la fosa mandibular en un segmento anterior (procedente de la escama embrionaria), articular para la mandíbula, y un segmento posterior (procedente del hueso timpánico) no articular. En el segmento más medial de la fisura hay una fina prolongación ósea, perteneciente a la porción petrosa, que se insinúa entre sus bordes dividiéndola en un sector anterior petroescamoso (**fisura petroescamosa**) y un sector posterior petrotimpánico (**fisura petrotimpánica**) por donde emerge la cuerda del tímpano; y 5) en la zona de confluencia entre la fosa mandibular y la zona de implantación de la apófisis cigomática, ésta última presenta el **tubérculo cigomático posterior**, situado inmediatamente por delante y encima del orificio del conducto auditivo externo.

Cara cerebral (endocraneal). No presenta accidentes significativos, excepto algunos surcos formados por las ramificaciones de la arteria meníngea media.

Borde libre. Dibuja una semicircunferencia (Fig. 4-1) y se articula, por delante, con el ala mayor del esfenoides y, por detrás, con el parietal. En su extremo posterior presenta una indentación muy marcada, la **escotadura parietal**, que marca el límite con la región mastoidea.

Región mastoidea

La región mastoidea es una gran prominencia ósea de inserción muscular dispuesta por detrás y por debajo de la escama.

Cara exocraneal. Se dispone por detrás de la escama, de la que se separa en la porción inferior por el orificio del conducto auditivo externo. En la zona superior, el único límite reconocible entre las dos regiones es la raíz longitudinal de la apófisis cigomática.

En la superficie mastoidea se observan algunos relieves por detrás del orificio del conducto auditivo externo y rugosidades de inserción muscular. Hacia abajo se prolonga formando una gran prominencia ósea, la **apófisis mastoides**, que está delimitada medialmente por un surco, la **escotadura mastoidea** (*ranura del digástrico*), donde se inserta el músculo digástrico. Por dentro de esta escotadura hay otros relieves de menor importancia.

Cara endocraneal. La cara endocraneal es una pequeña región dispuesta por detrás de la porción petrosa formando parte de la base del cráneo. Su superficie está recorrida por el **surco del seno sigmoideo**.

Borde libre. Por arriba y delante se articula con el parietal y, por detrás y abajo, con el occipital.

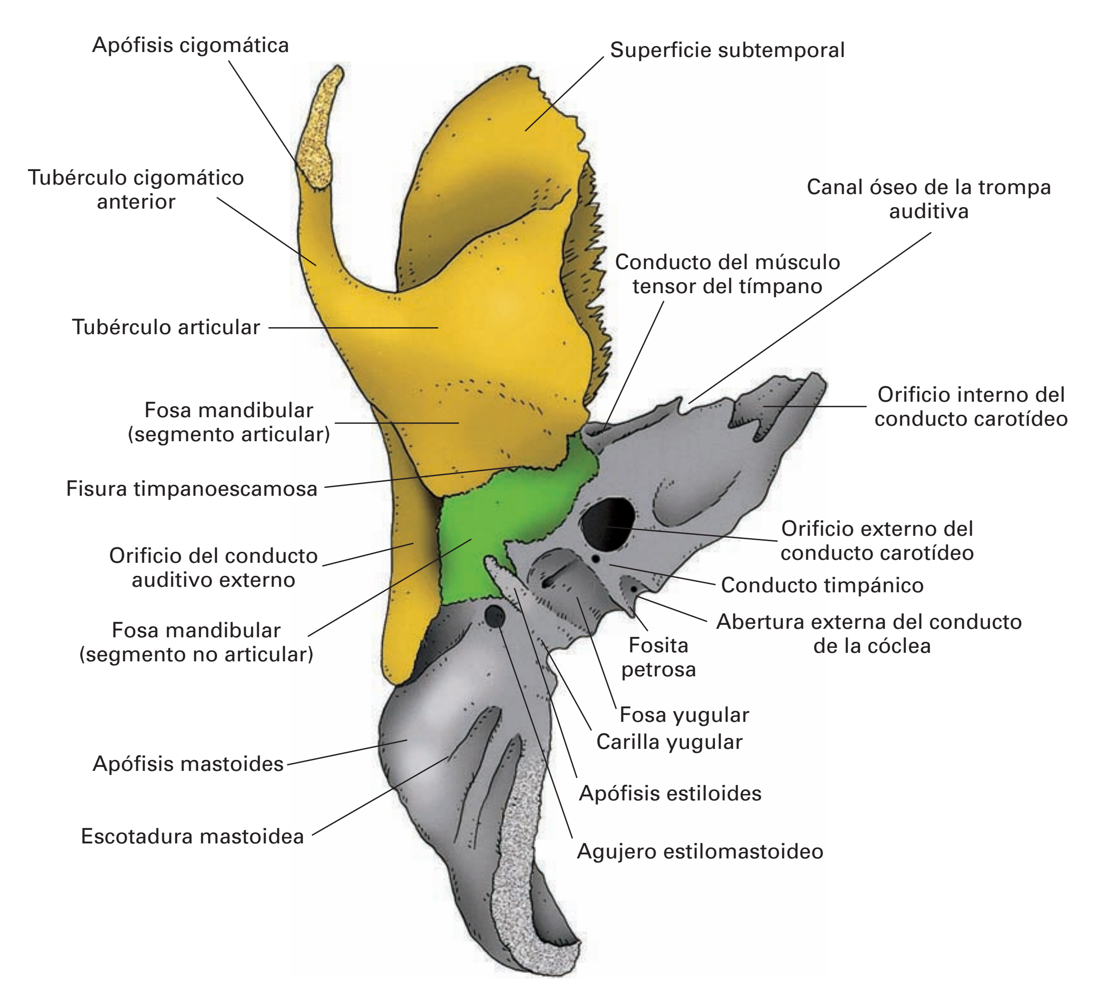


Figura 4-12. Temporal, visión inferior.

Porción petrosa (*peñasco*)

Es una gran pirámide ósea que se proyecta desde la pared lateral del cráneo hacia el interior del mismo. Por la base, la pirámide está unida al resto del hueso en la zona de la cara interna donde confluyen la escama y la porción mastoidea. El vértice apunta hacia el centro de la base del cráneo y delimita, con el ala mayor y el cuerpo esfenoidal y con la porción basilar del occipital, el **agujero rasgado** (*foramen lacerum*). La pirámide tiene una orientación oblicua hacia delante y dentro, y posee tres caras y tres bordes. Las caras anterior y posterior son endocraneales y la cara inferior es exocraneal.

El interior de la pirámide está ocupado por las diferentes partes del oído y está atravesado por un conducto por el que pasa la arteria carótida interna hacia el interior del cráneo. El oído condiciona la presencia de dos aberturas en la superficie: el **orificio del conducto auditivo externo**, abierto hacia el exterior, que se sitúa en la superficie externa del hueso, entre la escama y la región mastoidea; y en la cara posterior el **orificio auditivo interno**, que da paso a un conducto del mismo nombre por donde atraviesan los nervios vestibulococlear y facial. El **conducto carotídeo** tiene un orificio de entrada en la cara inferior de la pirámide, el **orificio externo del conducto carotídeo**, y un orificio de salida a nivel del vértice, el **orificio interno del conducto carotídeo**. En la pared anterior del conducto carotídeo hay pequeños agujeros por donde escapan nervios del plexo carotídeo interno

Cara anterior (Fig. 4-13). Se separa de la cara endocraneal de la escama por la **fisura petroescamosa**. En su superficie pueden recocerse, ordenados de posterior a anterior, los siguientes accidentes: 1) la **eminencia arqueada**, eminencia redondeada causada por el conducto semicircular superior; 2) el **techo del tímpano** (*tegmen tympani*), que es una amplia superficie lisa situada por delante y fuera de la eminencia arqueada; 3) el **hiato del conducto para el nervio petroso mayor** (*hiato de Falopio*) y el **hiato accesorio para el nervio petroso menor** prolongados por surcos que dan paso a los nervios petrosos y se sitúan en el margen anterolateral de la cara anterior, próximos al vértice de la pirámide; y 4) la **impresión trigeminal** (*fosita del ganglio de Gasser*) que es una pequeña fosa causada

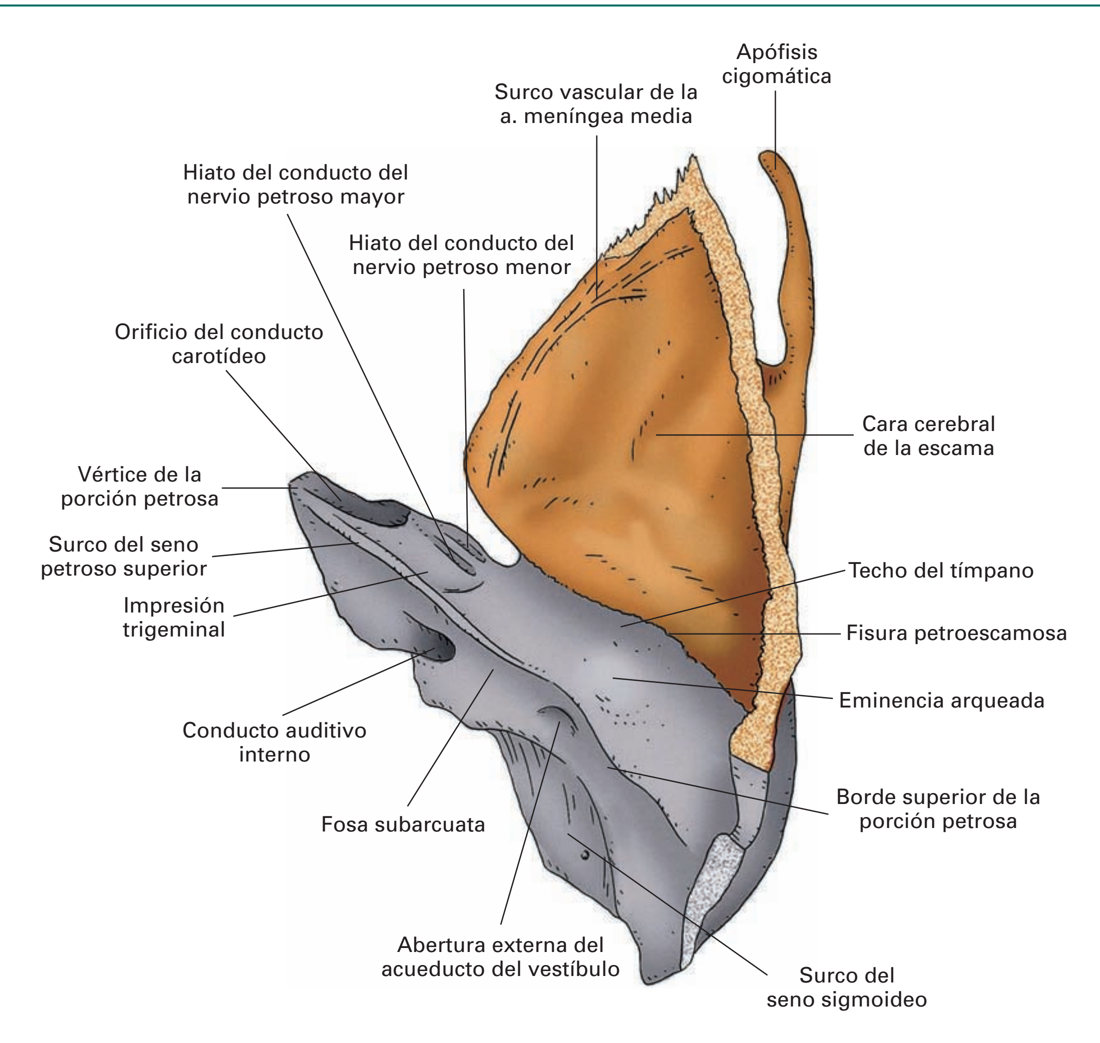


Figura 4-13. Temporal, visión superior (endocraneal).

por el ganglio trigeminal, situada en las proximidades del vértice de la pirámide, en una posición más posterior.

Cara posterior. En el tercio medial de esta cara se encuentra el **orificio auditivo interno** y, por detrás de él, los siguientes accidentes: 1) bajo la eminencia arqueada aparece la **fosa subarqueada**, que es una depresión con una finísima abertura en su superficie, el **orificio del conducto petromastoideo**; 2) caudalmente a la fosa subarqueada hay una fina hendidura (*hendidura ungueal*) donde se abre el **orificio del acueducto vestibular**.

La importancia del conducto petromastoideo radica en que, a su nivel, hay una cierta relación entre las meninges y las celdas aéreas que ocupan el interior de la mastoides. Esta proximidad facilita que infecciones de las celdas aéreas (mastoiditis) puedan propagarse a las meninges (meningitis).

Cara inferior (Fig. 4-12). Es exocraneal y en ella se observan múltiples irregularidades que se disponen alrededor del **orificio de entrada al conducto carotídeo**, el cual ocupa una posición central.

Por detrás y por fuera del orificio carotídeo aparece la **apófisis estiloides**, que es fina y muy alargada y da inserciones a los músculos estiloideos. El sector anterior de la apófisis estiloides está cubierto en parte por una lámina ósea (perteneciente al hueso timpánico) que continúa hacia abajo a la zona no articular de la fosa mandibular (véase Escama).

Posterolateral a la apófisis estiloides se dispone el **agujero estilomastoideo**, por donde emerge el nervio facial.

Anterior respecto al orificio carotídeo, y en la inmediación del borde anterior de la pirámide, se disponen dos orificios paralelos el **canal del músculo tensor del tímpano** (*canal del músculo del martillo*), que es más superior, y el **canal óseo de la trompa auditiva** (*canal tubárico*) que es algo más inferior.

Por detrás del orificio carotídeo, aparece una gran excavación, la **fosa yugular**, que es una huella causada por la vena yugular. Posterior a la fosa yugular está la **carilla yugular**, que es la superficie del temporal que contacta con la apófisis yugular del occipital. Entre la fosa yugular

y el orificio carotídeo se localiza un fino agujero de paso al **conducto timpánico** (*agujero timpánico de Jacobson*), por donde penetra el nervio del mismo nombre.

Medialmente al conducto carotídeo, hay una superficie ósea irregular donde se inserta el músculo elevador del velo del paladar.

Borde superior (*cresta de la pirámide*). Separa las caras anterior y posterior y está recorrido por el **surco del seno longitudinal superior**.

Borde posterior. Es un borde articular con el occipital y en su porción medial, se labra entre los dos huesos el **agujero yugular** (*agujero rasgado posterior*). Este agujero está limitado en su margen lateral por la unión entre la carilla yugular del temporal y la apófisis yugular del occipital. En la parte anteromedial del agujero se dispone, tanto en el temporal como en el occipital, una fina espícula ósea, las **apófisis intrayugulares**, que dividen agujero en una porción posterior, voluminosa, por donde pasa la vena yugular interna, y una porción anterior, mucho más fina, por donde atraviesan los nervios glosofaríngeo, vago y accesorio. En el borde del temporal correspondiente a la porción nerviosa del agujero yugular se sitúa una pequeñísima fosa, la **fosita petrosa**, donde se apoya el ganglio superior del glosofaríngeo, en la que se encuentra el finísimo **orificio del conductillo coclear** (*acueducto del caracol*).

Borde anterior. En su porción lateral es una zona de unión con la escama. En su segmento medial contacta con el borde del ala mayor del esfenoides y en las proximidades del vértice contribuye a delimitar el **agujero rasgado**.

HUESOS DE LA CARA

Los huesos de la cara se disponen adosados a la porción anteroinferior del neurocráneo formando dos bloques óseos, el **complejo maxilar superior** y la **mandíbula**. El elemento central del complejo maxilar es el hueso maxilar. Este hueso se sitúa a ambos lados de las fosas nasales y en torno a él se articulan mediante uniones inmóviles el resto de huesos de la cara, excepto la mandíbula. La mandíbula es un hueso impar, y es el único que posee movilidad, cuya función está, principalmente, al servicio de la masticación.

HUESO MAXILAR (Figs. 4-14 y 4-15)

Es un hueso irregular que ocupa una posición central a cada lado de la cara. Participa en la formación de la pared lateral y del suelo de las fosas nasales, y de la pared interna y del suelo de la órbita. Además, contribuye, en mayor o menor medida, a las paredes de otras fosas y cavidades craneales (infratemporal, pterigopalatina y cavidad bucal). Sus características principales son, por un lado, que la zona central es hueca y forma el **seno maxilar** que se abre a las fosas nasales; por otro lado, que posee un amplio borde alveolar, la **apófisis alveolar**, donde se implantan las piezas dentarias superiores.

Aunque el hueso es muy irregular, se pueden distinguir en él un cuerpo, ocupado por el seno maxilar, y cuatro voluminosas apófisis.

Cuerpo

Tiene forma de pirámide truncada en la que se pueden distinguir cuatro caras, una superior, una anterior y otra posterior, que convergen en un vértice truncado, y una medial, que corresponde a la base de la pirámide.

La cara medial (Fig. 4-15) consta de una porción superior denominada **superficie nasal**, porque mira a las fosas nasales, en la que destaca un gran **orificio de entrada al seno maxilar**.

Por encima del orificio del seno muestra una superficie irregular con hemiceldillas que se articula con la cara inferior del laberinto etmoidal.

Por detrás del orificio del seno se dispone una superficie rugosa recorrida por un surco oblicuo hacia abajo y hacia delante, el **surco palatino mayor**. En esta región se acopla la lámina vertical del palatino (Fig. 4-24B) transformando el surco en conducto.

Por delante del orificio del seno hay un surco vertical muy marcado, el **surco lagrimal** que se continúa hacia abajo por una superficie lisa que forma parte de la pared nasal. El hueso lagrimal (véase más adelante; Fig. 4-24A), al articularse con el maxilar transforma el surco en un **conducto nasolagrimal**.

A poca distancia por debajo del orificio del seno, se origina una gran apófisis horizontal, la **apófisis palatina**. Esta apófisis se une en una sutura mediosagital, la **sutura palatina media**, con la apófisis del hueso del lado opuesto y contribuye a formar el suelo de las fosas nasales y el techo de la boca. La zona de sutura de las apófisis palatinas hace relieve hacia arriba formando, al unirse los dos huesos, la **cresta nasal**. En su extremo anterior la cresta se expande, formando la **espina nasal anterior,** y además, está atravesada por un **conducto incisivo** que discurre verticalmente entre las fosas nasales y la cavidad bucal. El conducto incisivo tiene forma de «Y», de modo que presenta una abertura inferior en la boca, el **agujero incisivo** (Fig. 4-27), y dos aberturas superiores en las fosas nasales.

Por debajo de la apófisis palatina la cara medial del maxilar dispone de una superficie bucal, que forma parte del paladar duro, y está limitada por un borde inferior prominente, la **apófisis alveolar,** donde se implantan las piezas dentarias.

La cara superior o **cara orbitaria** es una superficie lisa y horizontal que forma parte del suelo de la fosa orbitaria. En la proximidad de su extremo posterior presenta un surco marcado, el **surco infraorbitario**, que se prolonga por

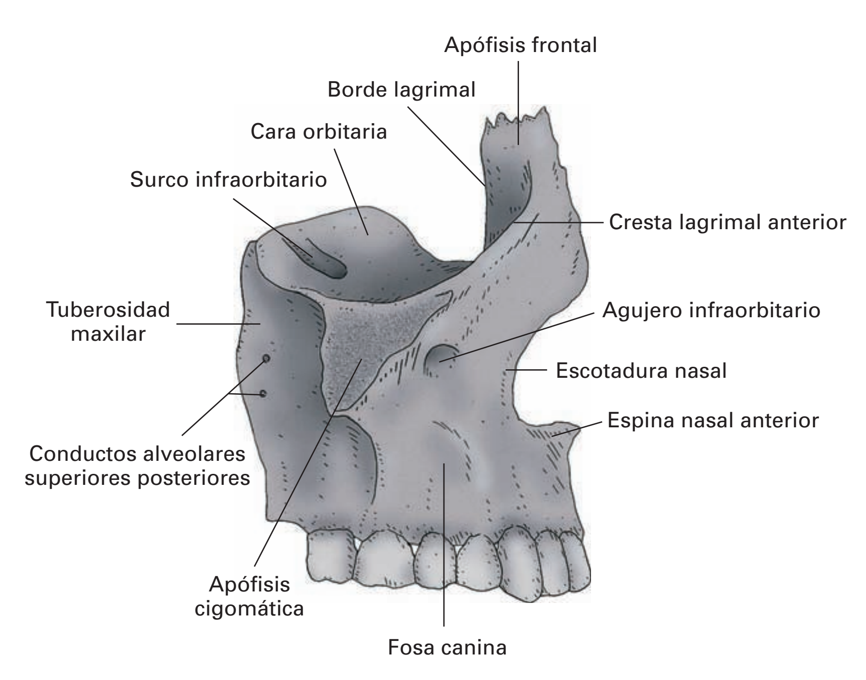


Figura 4-14. Maxilar, visión lateral.

un **conducto infraorbitario** que discurre en el espesor del hueso hasta abrirse en la cara anterior del maxilar. El conducto está ocupado por el nervio infraorbitario y en el curso de su trayecto posee unas ramificaciones, el **conducto alveolar superior anterior** (*conducto dentario anterior*), por donde finas ramas nerviosas alcanzan las piezas dentarias anteriores (el conducto es visible examinando al hueso por transparencia).

La cara anterior se dispone bajo la piel de la mejilla. Por arriba, se separa de la cara orbitaria por un borde que contribuye a formar el reborde orbitario (**borde infraorbitario**). Por abajo, se extiende hasta la apófisis alveolar. En la parte superior de esta cara se abre el **agujero infraorbitario** y en la parte inferior aparecen relieves de los alvéolos dentarios y, entre ellos, depresiones, entre las que destaca la **fosa canina**.

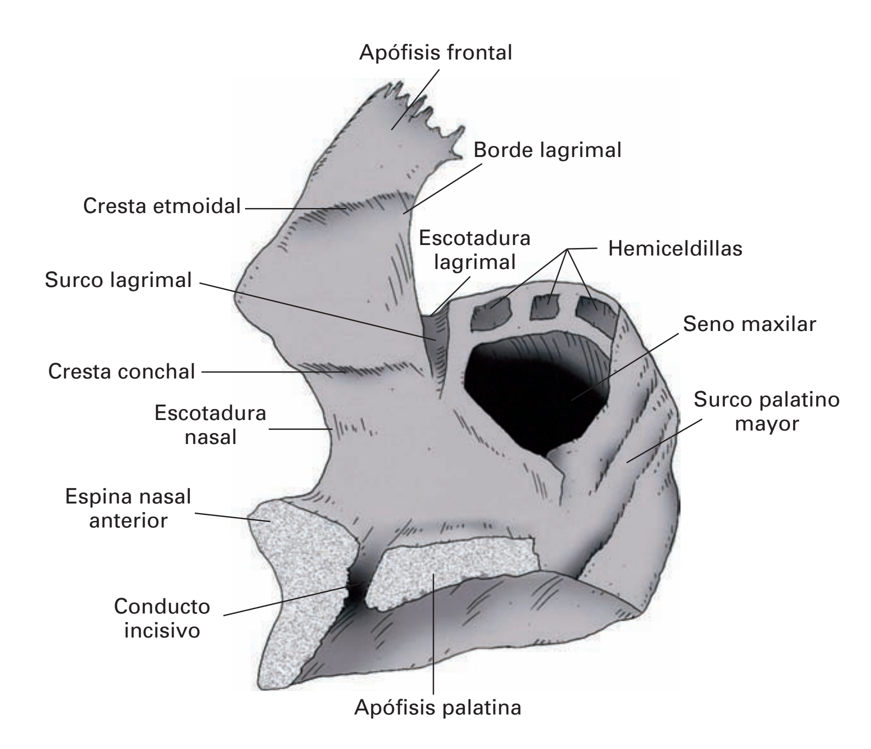


Figura 4-15. Maxilar, visión medial.

La cara posterior o **cara infratemporal** es una superficie abombada que se hace más voluminosa en su parte alta formando la **tuberosidad maxilar**. A lo largo de esta cara, se aprecian dos o tres orificios de conductillos que descienden por la pared ósea hacia las piezas dentarias posteriores, los **conductos alveolares superiores posteriores** (*conductos dentarios posteriores*).

El vértice del maxilar es una zona prominente que recibe el nombre de **apófisis cigomática** (*apófisis piramidal*). Tiene una superficie articular donde queda adosado el hueso cigomático.

Bordes. De los bordes del cuerpo del maxilar, hay que resaltar algunos detalles del borde anterior y del borde posterior.

El *borde anterior* separa la cara anterior de la cara nasal y presenta una zona escotada, la **escotadura nasal**, que, junto a la del lado opuesto, delimita la entrada a las fosas nasales óseas.

El *borde posterior* separa la cara infratemporal de la cara nasal. Es un borde romo, situado ventral a las apófisis pterigoides del esfenoides, con la que delimita una profunda hendidura denominada la **fosa pterigopalatina**. Presenta una pequeña superficie articular superior (*trígono palatino*) para la apófisis orbitaria del palatino, y otra superficie articular inferior para la apófisis piramidal del palatino.

Apófisis del maxilar

Del cuerpo del maxilar emergen cuatro grandes apófisis; las apófisis palatina, cigomática y alveolar que ya hemos descrito y la **apófisis frontal** (*apófisis ascendente*).

La apófisis frontal es una lámina ósea, con dos caras, lateral y medial, que continúa en sentido superior al borde anterior del maxilar hasta alcanzar el hueso frontal.

La *cara lateral* está recorrida por una cresta vertical, la **cresta lagrimal anterior**, que prolonga hacia arriba el reborde orbitario. La cresta divide ésta cara en una parte anterior, dispuesta bajo la piel, y una porción posterior, orbitaria. En esta última se encuentra un surco que se continúa por abajo con el conducto nasolagrimal.

La cara medial forma parte de la pared externa de la fosas nasales y presenta una pequeña cresta transversal donde se articula el extremo anterior de cornete medio del etmoides (cresta etmoidal) y más abajo otra similar (cresta conchal) para el cornete inferior.

Bordes. Por su borde anterior la apófisis frontal se articula con el hueso nasal. El borde posterior (*borde lagrimal*) se articula con el hueso lagrimal. El borde superior se articula con el borde nasal del frontal.

Huesos incisivos

La parte más anterior del maxilar donde se implantan los dientes incisivos constituye una zona con desarrollo diferente del resto del hueso. Esta zona, en otros antropoides, aparece parcialmente independiente, y recibe el nombre de *premaxila*. En los niños pueden aparecen una finas líneas de sutura (*suturas incisivas*) que marcan la posición primitiva de hueso incisivo.

HUESO PALATINO (Figs. 4-16 a 4-18)

Es una fina lámina ósea en forma de «L», en la que se puede distinguir una porción vertical y otra horizontal.

La lámina vertical, **lámina perpendicular**, es rectangular y está intercalada entre el maxilar y las apófisis pterigoides del esfenoides.

En su *cara externa* pueden distinguirse tres segmentos: 1) el segmento anterior se articula con la parte posterior de la cara nasal del maxilar y contribuye a delimitar con él el **conducto palatino mayor**; 2) el segmento medio queda ocupando el espacio interpuesto entre el borde posterior del maxilar y las apófisis pterigoides (fosa pterigopalatina); y 3) el segmento posterior está adosado a la cara interna de la apófisis pterigoides.

La *cara medial* (**cara nasal**) forma parte de la pared externa de las fosas nasales. Presenta dos crestas transversales donde se articulan los extremos posterior de los cornetes medio (**cresta etmoidal**) e inferior (**cresta conchal**).

En cada uno de los cuatro *ángulos de la porción vertical* se dispone una apófisis. El ángulo superoanterior se corresponde con la **apófisis orbitaria**, que está unida al maxilar, al cuerpo del esfenoides y al laberinto etmoidal. La apófisis orbitaria posee una pequeña superficie lisa superior que forma parte del suelo de la órbita. En el ángulo posterosuperior está la **apófisis esfenoidal**, que se articula con la cara inferior del cuerpo del esfenoides. Entre estas dos apófisis hay una **escotadura esfenopalatina**, que, al articularse con el esfenoides, se transforma en el **conducto esfenopalatino**. En el ángulo anteroinferior está la *apófisis maxilar* que es una lámina proyectada hacia delante, que contribuye a ocluir la parte inferior del agujero del seno maxilar. En el ángulo posteroinferior se encuentra la **apófisis piramidal**, que encaja en la hendidura pterigoidea y, al mismo tiempo, se articula por su superficie anterior con el borde posterior del maxilar. En el espesor de la apófisis piramidal están labrados los **conductos palatinos menores**.

La **lámina horizontal** se dispone por detrás de las apófisis palatinas del maxilar con las que establece la **sutura palatina transversa**. Junto con las apófisis palatinas del maxilar, forma la parte posterior del suelo de las fosas nasales y el techo de la boca. También, al igual que las apófisis palatinas, la zona de unión entre las porciones horizontales del palatino crean una cresta nasal que se prolonga hacia atrás por la **espina nasal posterior**.

HUESOS NASALES (Fig. 4-21)

Son dos pequeñas laminillas óseas rectangulares, unidas entre sí en la línea media, que se acoplan al espacio delimi-

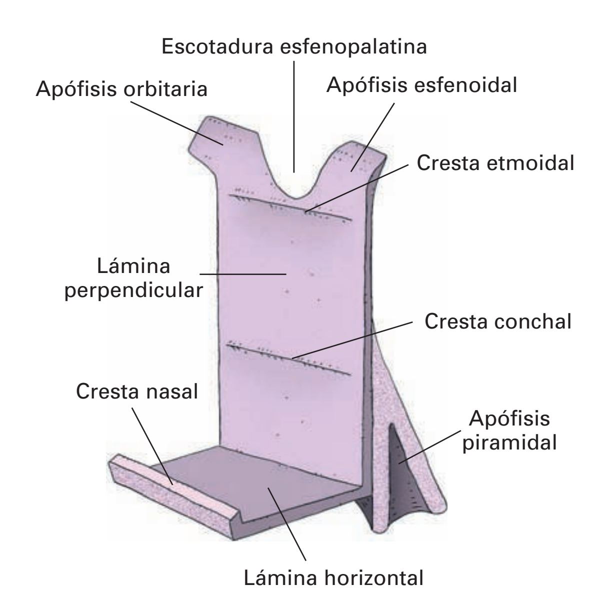


Figura 4-16. Representación esquemática del palatino (Inspirado en Grant/Basmajian).

tado entre el borde nasal del frontal y las apófisis frontales del maxilar.

HUESO LAGRIMAL (*Unguis*, Fig. 4-21)

Es una fina laminilla ósea rectangular dispuesta entre la órbita y las fosas nasales, ocupando el espacio delimitado por delante, por la apófisis frontal del maxilar, por detrás, por el laberinto etmoidal, y por arriba, por el frontal. Por

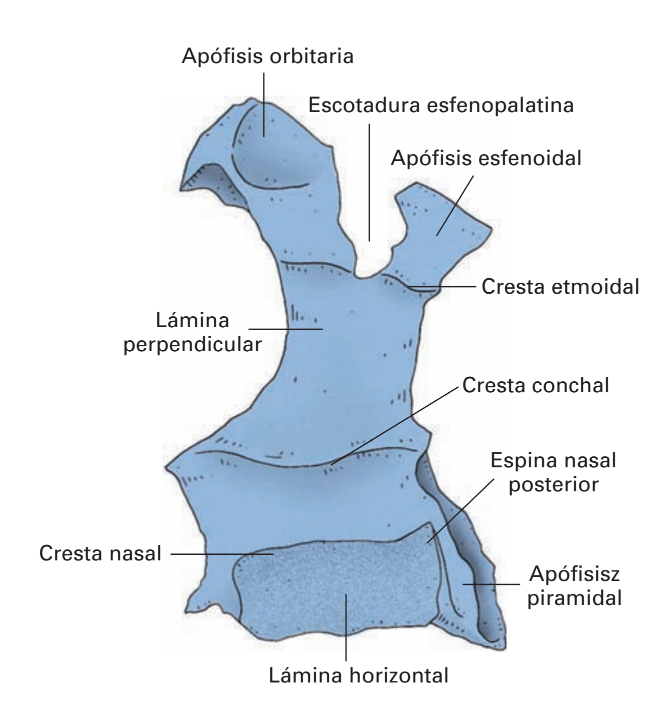


Figura 4-17. Palatino, visión medial.

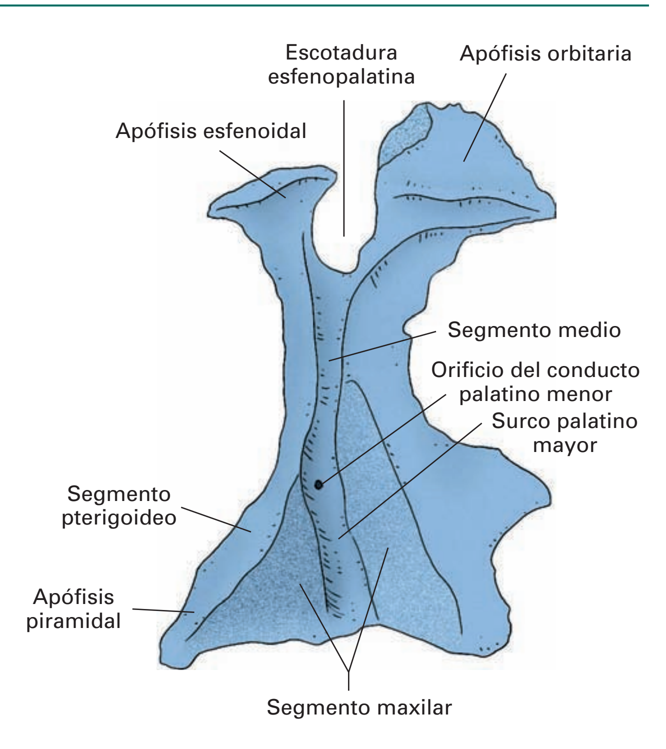


Figura 4-18. Palatino, visión lateral.

debajo, se dispone el cuerpo del maxilar, pero el lagrimal rebasa su borde superior para acoplarse a la cara nasal. Posee dos caras y cuatro bordes en los cuales hay que resaltar:

La *cara lateral* consta de una porción superior, orbitaria y una porción inferior acoplada al surco lagrimal del maxilar (Fig. 4-24A). La porción superior está recorrida por una cresta vertical, la **cresta lagrimal posterior** (Fig. 4-22). Por delante de la cresta, la superficie es acanalada y forma junto con la apófisis frontal del maxilar el **surco lagrimal**. La porción inferior desciende para acoplarse por sus extremos a los bordes del surco lagrimal del maxilar y lo transforma en el **conducto nasolagrimal**.

La *cara medial* forma parte de la pared lateral de las fosas nasales (Fig. 4-24).

Los *bordes* son articulares con los huesos vecinos, y de ellos, el inferior se articula con la apófisis lagrimal de la concha nasal inferior (cornete inferior) determinando que el conducto nasolagrimal se abra en el meato inferior de las fosas nasales.

VÓMER[12]

Es una fina lámina vertical que contribuye a formar parte del tabique nasal (véase Fig. 9-3). Posee dos caras que miran a las fosas nasales y cuatro bordes.

---

[12] Vómer del latín *vomere* = vomitar. El término se debe a la semejanza con el arado romano que expulsaba (vomitaba) tierra a ambos lados.

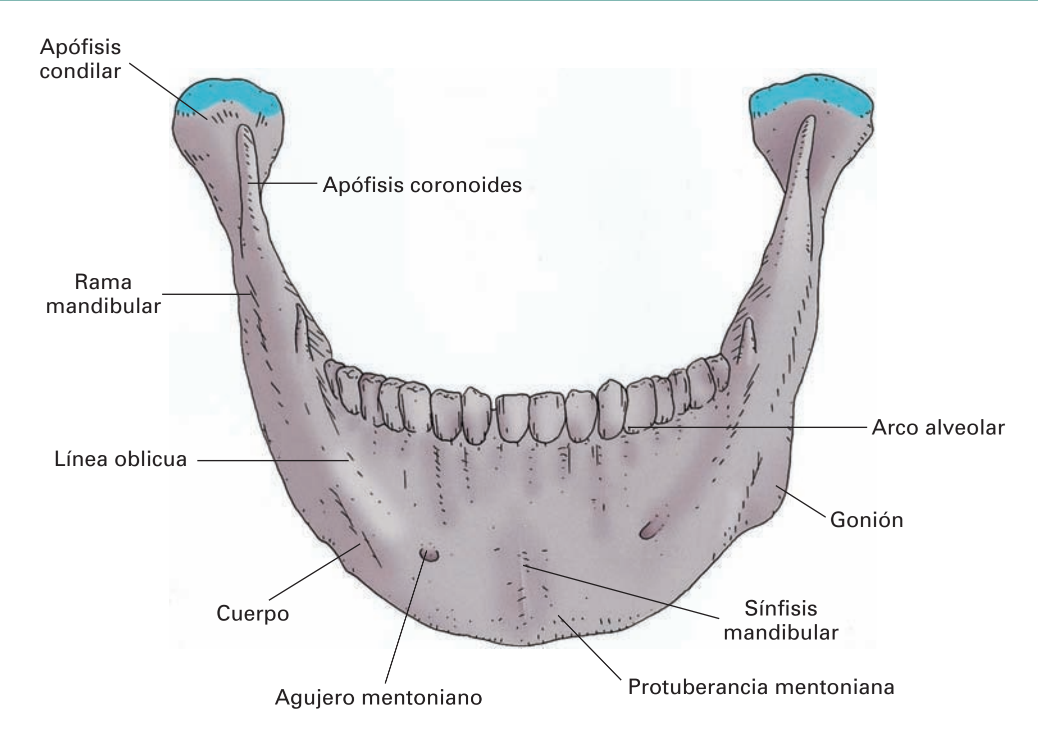


Figura 4-19. Mandíbula, visión anterior.

En el *borde superior* la lámina está bifurcada formando las **alas del vómer**, las cuales se acoplan a la cresta media de la cara inferior del cuerpo del esfenoides.

El *borde anterior* se une a la lámina perpendicular del etmoides y al cartílago del tabique nasal.

El *borde posterior* es libre y delimita las aberturas posteriores de la fosas nasales (**coanas**) hacia la faringe.

El *borde inferior* se une a la cresta nasal del suelo de las fosas nasales.

CONCHA NASAL INFERIOR (*Cornete inferior*; Fig. 4-24C)

Es una lámina ósea, alargada e incurvada en su eje transversal, situada en las fosas nasales. Se proyecta desde la pared lateral, a la que está unida, hacia el interior de la fosa nasal, de modo muy similar al cornete medio. Delimita, por abajo, el meato medio, y, por encima, el meato inferior.

Las *caras superior* e *inferior* del hueso, al igual que el *borde medial* que es libre, carecen de detalles relevantes.

El *borde lateral* es articular con la pared externa de la fosa y presenta accidentes anatómicos que permiten comprender las distribución de los orificios que se abren a los meatos.

La parte anterior del borde se une a la cresta conchal de la apófisis frontal del maxilar. A continuación, posee una apófisis, **apófisis lagrimal**, que asciende para articularse con el borde inferior del hueso lagrimal completando por debajo el **conducto nasolagrimal**. De esta manera, el conducto se abre en el meato inferior.

Por detrás de la apófisis lagrimal, el borde presenta una segunda apófisis, la **apófisis maxilar**, que se dirige hacia abajo para articularse en el contorno inferior del orificio del seno maxilar. Como consecuencia de esta disposición, el orificio de entrada al seno maxilar se localiza en el meato medio.

En el margen posterior de la apófisis maxilar surge una nueva apófisis más pequeña de dirección opuesta, la **apófisis etmoidal**, que asciende sobre la abertura del seno maxilar para unirse al extremo de la apófisis unciforme del etmoides.

Finalmente, por detrás de la apófisis etmoidal, el borde de la concha se une a la cresta conchal de la cara medial del palatino.

HUESO CIGOMÁTICO (*Malar*; Figs. 4-21 y 4-22)

Es una lámina ósea de aspecto romboidal que se dispone a nivel del extremo inferolateral de la órbita formando el relieve del pómulo. Está atravesado por un fino *conducto temporocigomático*, con un orificio de entrada y dos de salida, por el que pasa el nervio temporocigomático.

La cara medial se articula con el vértice truncado de la apófisis cigomática del maxilar y se extiende hacia atrás para formar parte de la fosa temporal.

La cara lateral es subcutánea y da inserción a músculos faciales. Presenta un fino orificio de abertura del conducto temporocigomático (**foramen cigomaticofacial**).

El ángulo superior sobresale para articularse con la apófisis cigomática del frontal.

El ángulo posterior (**apófisis temporal**) es articular con el extremo de la apófisis cigomática del temporal, formando el asa cigomática.

El borde anterior constituye la porción inferolateral del reborde de la órbita. Desde este borde hacia el interior de la cavidad orbitaria, se proyecta una lámina ósea, la **apófisis frontal**. Esta apófisis contribuye a la formación del suelo y de la pared externa de la órbita, y presenta un borde articular que se extiende desde la apófisis cigomática del frontal, hasta la apófisis cigomática del maxilar, articulándose, además, en la zona intermedia, con la cresta cigomática del ala mayor del esfenoides. La apófisis dispone de una superficie orbitaria donde se sitúa el orificio de entrada al conducto temporocigomático (**foramen cigomaticoorbitario**) y de una superficie temporal donde se abre uno de los orificios de salida del conducto temporocigomático (**foramen cigomaticotemporal**).

MANDÍBULA (Figs. 4-19 y 4-20)

Es el único hueso móvil del cráneo, y cumple las funciones de soportar las piezas dentarias inferiores y prestar inserción a los músculos masticadores para que, actuando sobre ella, permitan la masticación. Es un hueso impar que consta de una zona central horizontal, el **cuerpo de la mandíbula**, y dos zonas laterales, las **ramas mandibulares**, que ascienden a ambos lados de la cara hacia la superficie articular del temporal.

Cuerpo mandibular

Tiene forma de arco con la concavidad posterior y consta de dos caras, anterior y posterior.

En la *cara anterior* (Fig. 4-19) hay pocos relieves de interés. En la zona media se dispone una línea rugosa, la **sínfisis mandibular**, que marca el punto de soldadura de las dos mitades constituyentes de la mandíbula. En el extremo inferior de la sínfisis se localiza la **protuberancia mentoniana**, que es una referencia antropométrica. A poca distancia de la línea media, se dispone a cada lado el **agujero mentoniano**, por donde emergen ramas cutáneas del nervio alveolar inferior.

En la *cara posterior* (Fig. 4-20), a nivel de la línea media, se localizan dos pequeños relieves a cada lado para inserción de músculos, las **espinas mentonianas superior e inferiores** (*espinas geni*[13] superior e inferior). A cada lado de la línea media se dispone un relieve de inserción muscular que se dirige hacia las ramas de la mandíbula, la **línea oblicua milohioidea** (*línea oblicua interna*). Por arriba y por debajo de esta línea, la superficie ósea presenta dos depresiones, las **fosas sublingual** (por arriba) y **submandibular** (por debajo).

El *borde superior* es el **arco alveolar**, formado por un conjunto de **alvéolos dentarios**, que son las cavidades donde se implantan las piezas dentarias.

El *borde inferior* presenta, a ambos lados de la línea media, la **fosa digástrica**, donde se inserta el músculo del mismo nombre.

---

[13] Geni procede del griego *geneion*, que al igual que la palabra latina *mentum*, significa barbilla.

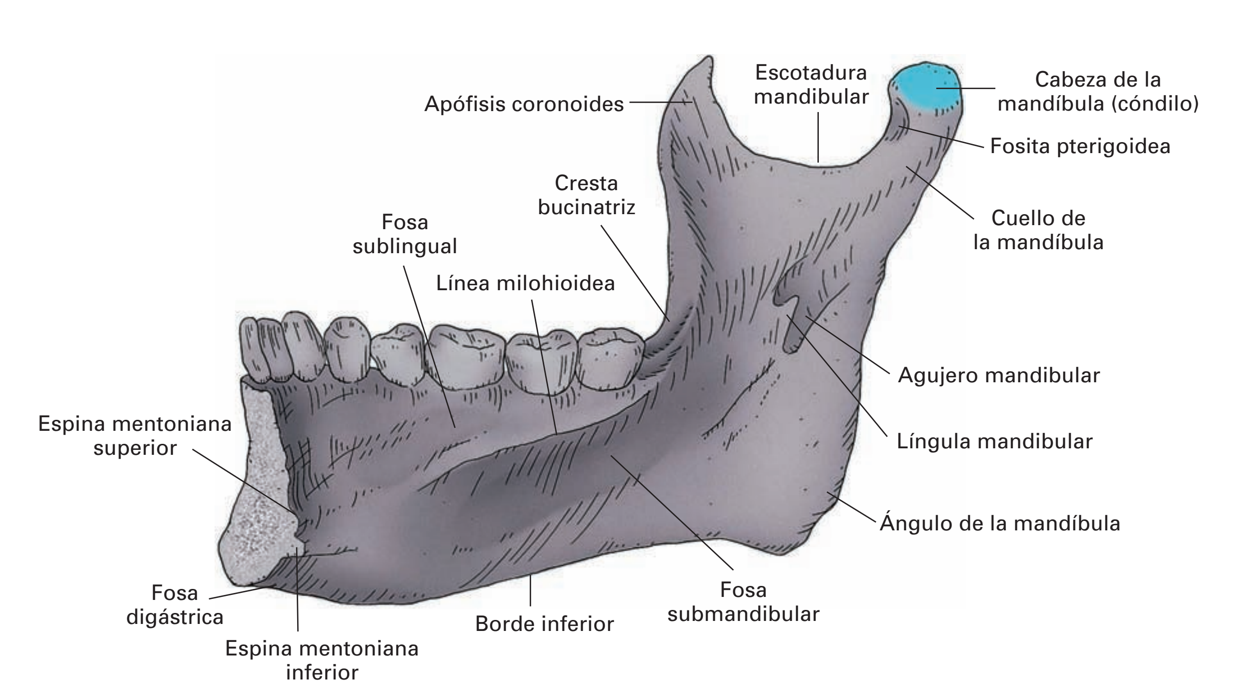


Figura 4-20. Mandíbula seccionada en el plano medio. Visión medial.

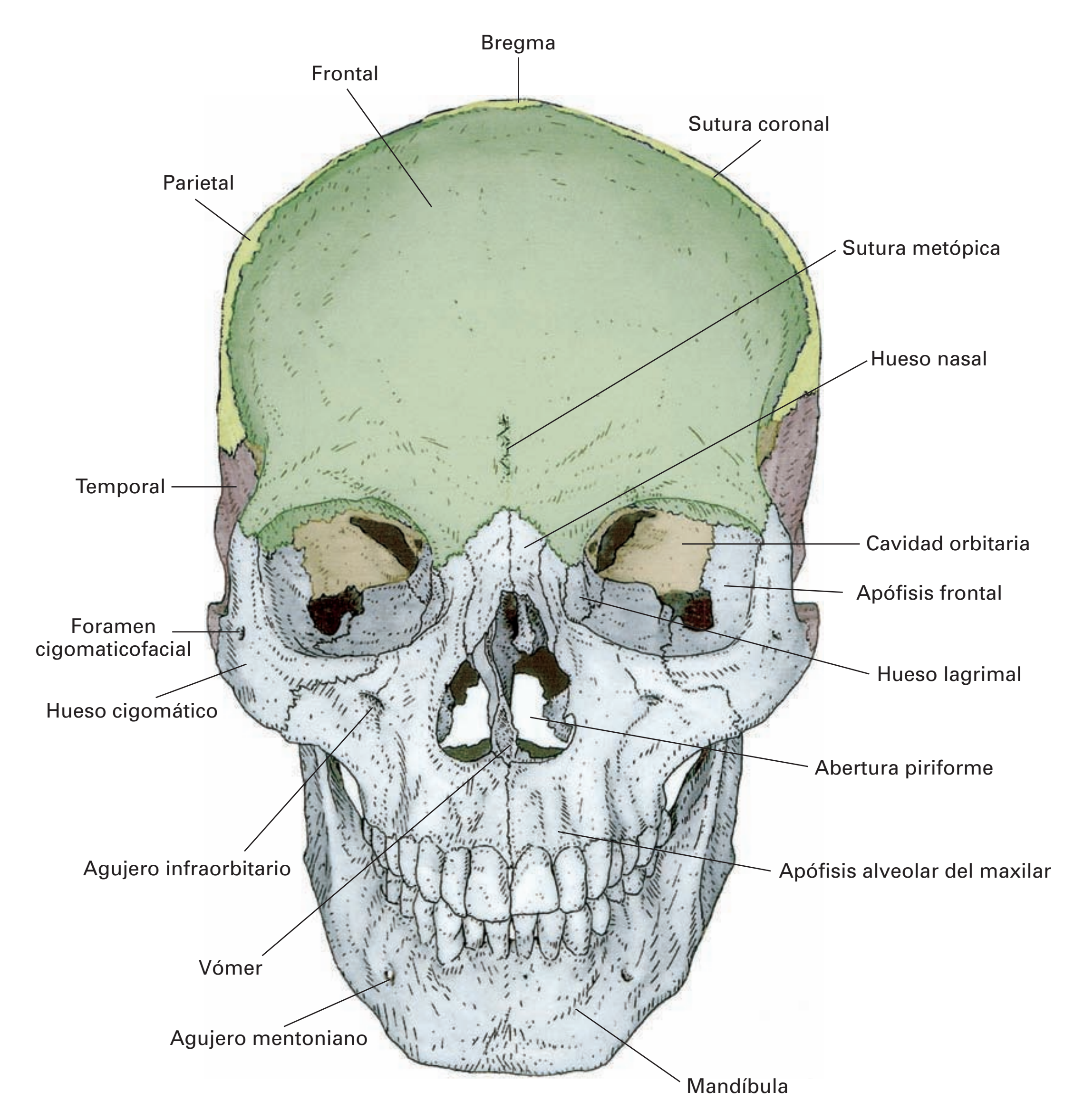


Figura 4-21. Visión anterior del cráneo (los huesos del neurocráneo se han coloreado).

Ramas mandibulares

Son láminas óseas rectangulares que continúan los extremos posteriores del cuerpo mandibular en dirección ascendente, formando entre ambos el **ángulo de la mandíbula**, cuya zona posterior más prominente es una referencia antropométrica que se denomina **gonión**.

En la *cara externa* no hay más que algunas rugosidades de inserción del músculo masetero.

En la *cara interna* (Fig. 4-20) se encuentra, el **agujero mandibular** (*agujero dentario inferior*), que es la entrada al **conducto mandibular**. Este conducto recorre el interior de la mandíbula hasta alcanzar el agujero mentoniano, y por él discurre el nervio alveolar inferior que aporta la inervación sensitiva a las piezas dentarias. Ventralmente al agujero mandibular hay una espícula ósea, la **língula mandibular** (*espina de Spix*), que es una referencia anatómica útil para detectar en el vivo, bajo la mucosa de la mejilla, la posición del orificio.

De los *bordes de la rama mandibular*, el anterior y el superior presentan detalles de interés.

En el borde anterior es de destacar que se va bifurcando a medida que desciende (Fig. 4-19), de modo que en su extremo inferior, está representado por dos labios con una depresión entre ellos, donde sobresale la **cresta buccinatriz**.

En el borde superior se disponen los accidentes más relevantes del hueso. La zona media constituye la **escotadura mandibular** (*escotadura sigmoidea*), que queda interpuesta entre una potente apófisis anterior, la **apófisis coronoides**, donde se inserta el músculo temporal, y un relieve articular posterior, la **apófisis condilar**. Esta última apófisis consta de un extremo articular engrosado, en forma de almohadilla de eje mayor transversal, la **cabeza**

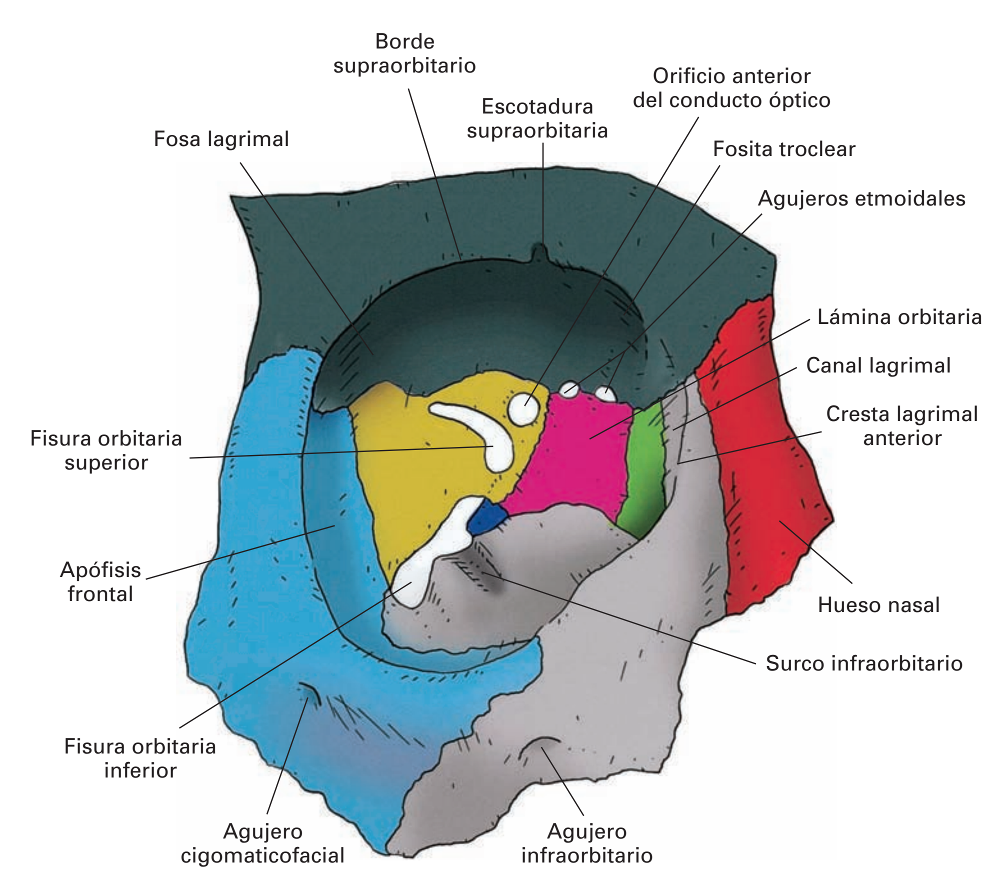


Figura 4-22. Visión anterior de la cavidad orbitaria. Las paredes óseas están representadas en los siguientes colores: verde oscuro (frontal), verde claro (lagrimal), rosa (etmoides), amarillo (esfenoides), azul oscuro (apófisis orbitaria del palatino), azul claro (hueso cigomático), gris (maxilar), y rojo (hueso nasal).

de la mandíbula (*cóndilo*), que asienta sobre una zona estrechada de unión a la rama mandibular, el **cuello de la mandíbula**. En la cara anterior del cuello destaca la **fosa pterigoidea** de inserción del músculo pterigoideo externo.

Cambios de la mandíbula relacionados con la edad

La mandíbula es uno de los huesos que sufre mayores cambios con la edad. En el nacimiento, la mandíbula está compuesta de dos mitades, carentes de dientes, que se sueldan por fibrocartílago a nivel de la sínfisis. Este fibrocartílago se osifica muy rápidamente y las dos mitades mandibulares aparecen fusionadas a los 6 ó 9 meses. Inicialmente, la mandíbula es un hueso débil y el ángulo entre el cuerpo y la rama es muy abierto. A medida que van aflorando los dietes de leche, el hueso mandibular se va haciendo más robusto por crecimiento óseo a nivel de los alvéolos, al tiempo que las ramas se hacen más verticales por el desarrollo de su extremo superior, especialmente de la apófisis coronoides.

En la vejez, con la caída de los dientes, el cuerpo de la mandíbula se atrofia, por la reabsorción del hueso a nivel de los alvéolos. Además, nuevamente, el ángulo de la mandíbula vuelve a ampliarse.

EL CRÁNEO EN CONJUNTO

SUPERFICIE EXTERNA

Visión anterior del cráneo (*Norma frontal*; Fig. 4-21)

Visto desde un plano anterior, encontramos en el cráneo los siguientes accidentes orientados de superior a inferior:

1) El tercio superior del cráneo se corresponde con la frente. En esta región la escama del frontal ocupa una posición central. Por encima de la escama se disponen los huesos parietales que se separan del frontal por la **sutura coronal**. Se denomina **bregma** al punto de la línea media donde confluyen los dos parietales y el frontal. A los lados, la cresta temporal del frontal marca el límite con la fosa temporal, que se analizará en la visión lateral del cráneo.

2) Por debajo de la frente, destacan, a ambos lados, las cavidades orbitarias.

3) Intercalada entre las cavidades orbitarias y prolongándose caudalmente, se disponen las fosas nasales y lateralmente la superficie anterior del hueso maxilar y, más lateralmente, el cigomático. Las fosas nasales presentan la

abertura piriforme, delimitada por los maxilares con sus apófisis frontales y por los huesos nasales. A través de la abertura piriforme se aprecia el tabique nasal en el centro y los relieves de los cornetes a los lados.

4) Por debajo de la abertura nasal se sitúan las apófisis alveolares del maxilar que, en conjunto, forman el arco alveolar que se acopla al arco alveolar de la mandíbula.

Cavidades orbitarias (Fig. 4-22)

La órbita tiene forma de pirámide cuadrangular compuesta por cuatro paredes, un vértice en el fondo, y la base abierta a la superficie.

Pared superior o *techo orbitario*. Está formada, por delante, por la lámina orbitaria del frontal, y, por detrás, por la cara inferior de las alas menores del esfenoides. En el ángulo anteroexterno se palpa la **fosa lagrimal** para la propia glándula. En el ángulo anterointerno hay una pequeña depresión, la **fosita troclear**, donde se inserta la polea de reflexión del músculo oblicuo superior del ojo.

Pared lateral. Está formada, por detrás, por la cara orbitaria del ala mayor del esfenoides y, por delante, por la cara orbitaria de la apófisis frontal del hueso cigomático. Se separa del techo orbitario mediante la **fisura orbitaria superior**, que da paso a la cavidad craneal (fosa craneal media). De igual modo, se separa del suelo orbitario por la **fisura orbitaria inferior** (*hendidura esfenomaxilar*), que queda comprendida entre el ala mayor del esfenoides y el cuerpo del maxilar. Esta fisura comunica la órbita con las fosas infratemporal y pterigopalatina.

Pared inferior, o suelo orbitario (piso orbitario). Está formado, principalmente, por la cara orbitaria del maxilar, que se completa, por delante y por fuera, por la cara orbitaria de la apófisis frontal del cigomático y, por detrás y por dentro, por la apófisis orbitaria del palatino. Se observan en ella el **surco** y el **conducto infraorbitario**, que dan paso al nervio y los vasos del mismo nombre. Esta pared ofrece una relación importante con el seno maxilar.

Pared medial. Está formada de delante atrás por la apófisis frontal del maxilar, el hueso lagrimal, la lámina orbitaria del etmoides y un poco de la cara lateral del cuerpo del esfenoides. En la parte anterior se dispone el **canal lacrimal**, situado entre el lagrimal y la apófisis frontal del maxilar. El canal está limitado por delante y por detrás por las crestas lagrimales anterior y posterior, y se continúa por debajo con el **conducto nasolagrimal**, que se abre al meato inferior de las fosas nasales. En el margen superior de esta cara se sitúan las líneas de suturas del etmoides y del lagrimal con el frontal. En la sutura frontoetmoidal se aprecian los **agujeros etmoidal anterior** y **posterior** que comunican con la cavidad craneal (fosa craneal anterior).

Base de la órbita (adito). Es la abertura anterior, cuyo contorno está limitado por el borde orbitario, en el que participan el frontal, el cigomático y el maxilar. Constituye un dispositivo protector del globo ocular. La parte superior esta formada por el borde supraorbitario del frontal, en cuyo tercio interno se localiza la **escotadura supraorbitaria**, que da paso a los vasos y nervios supraorbitarios. La parte externa del borde es aguda y cortante y está constituida por la apófisis frontal del cigomático que se articula con la apófisis cigomática del frontal. La parte inferior se forma por el cigomático y por el maxilar, y se prolonga internamente por la cresta lagrimal anterior de la apófisis frontal del maxilar que compone la porción medial del borde.

Vértice. Se dispone medial a la fisura orbitaria superior, coincidiendo casi con el **orificio anterior del conducto óptico** que, situado a los lados del cuerpo del esfenoides, comunica con la fosa craneal media.

Fosas nasales (Figs. 4-23 y 4-24)

Son los conductos de entrada a las vías respiratorias y el asiento del órgano del olfato. Las paredes óseas son muy anfractuosas y presentan comunicaciones con los senos aéreos, **senos paranasales**, de los huesos que forman sus paredes. La cavidad consta de las siguientes paredes y aberturas:

Apertura anterior, o **apertura piriforme** (Fig. 4-21). Está circunscrita por las apófisis frontales del maxilar articuladas por arriba con los huesos nasales. En la parte inferior de la apertura hace relieve la **espina nasal anterior**.

Apertura posterior, o **coana** (Fig. 4-27). Se delimita por arriba por el cuerpo del esfenoides, que tiene adosadas las alas del vómer; por abajo por el borde posterior de la porción horizontal del palatino; lateralmente por el ala interna de la apófisis pterigoides, que posee adosada la porción vertical del palatino; y medialmente por el borde posterior del vómer.

Pared superior, o bóveda nasal (Fig. 4-23). Está formada, de delante atrás, por la cara posterior de los huesos nasales, la espina nasal del frontal, la cara inferior de la lámina cribosa del etmoides y las caras anterior e inferior del cuerpo del esfenoides.

En esta pared se encuentran los **orificios olfatorios** y el **etmoidal anterior** que atraviesan la lámina cribosa del etmoides, y en la parte posterior, el **orificio de acceso al seno esfenoidal**.

Pared inferior. Es una superficie ligeramente cóncava en sentido transversal, constituida, por delante, por la cara superior del proceso palatino del maxilar y, posteriormente, por la porción horizontal del palatino.

En esta pared se dispone el **orificio del conducto incisivo**, que atraviesa la apófisis palatina del maxilar para abrirse en el techo de la cavidad bucal.

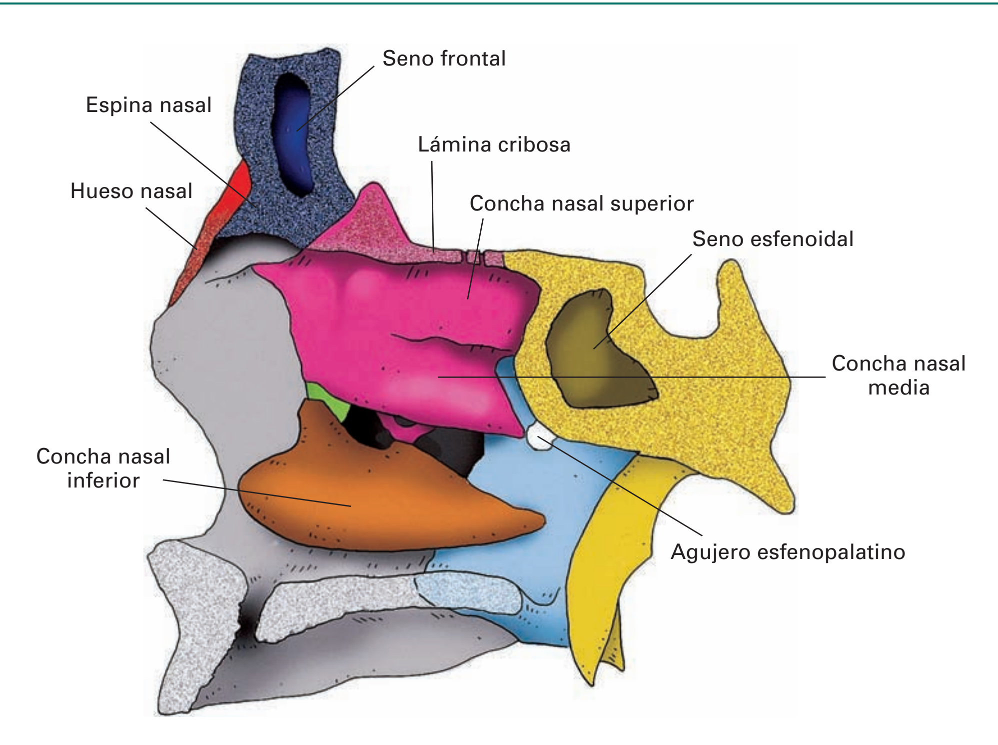


Figura 4-23. Fosa nasal derecha tras eliminar el tabique.

Pared interna, o **tabique nasal** (Fig. 9-3). Está formada por la lámina perpendicular del etmoides, por arriba; el vómer, por abajo y atrás; y el **cartílago del tabique**, en el ángulo anterior delimitado entre los dos anteriores.

Pared externa (Fig. 4-23). Es una pared muy irregular y compleja que se forma por los siguientes huesos: el maxilar, incluida su apófisis frontal; el lagrimal; el laberinto etmoidal; el palatino; las apófisis pterigoides; y la concha inferior. La Figura 4-24A-D muestra el modo de organización de está pared.

Como puede verse en la Fig. 4-24A, el maxilar por delante y las apófisis pterigoides por detrás establecen dos zonas esenciales de la pared. Asociado al canal lagrimal del maxilar se dispone el lagrimal, transformando el surco en el conducto nasolagrimal. El espacio comprendido entre maxilar y apófisis pterigoides se ocupa por el palatino (Fig. 4-24B), que, a su vez, transforma el surco palatino mayor en conducto. La concha inferior se dispone transversalmente en la cavidad adosándose por su borde lateral a la pared (Fig. 4-24C). La unión entre la apófisis lagrimal de la concha y el hueso lagrimal lleva la abertura del conducto nasolagrimal al espacio localizado por debajo de la concha inferior. Por otro lado, la apófisis maxilar de la concha, al acoplarse al contorno inferior del orificio del seno maxilar, reduce considerablemente su abertura. Finalmente, acoplado al maxilar y ocupando el espacio delimitado entre hueso lagrimal y palatino, se coloca el laberinto etmoidal, que completa la pared (Fig. 24D) creando una región muy anfractuosa en la misma. En este sentido, es de destacar que los cornetes dividen parcialmente la cavidad nasal, y que los accidentes del laberinto etmoidal, tales como la bulla, la apófisis unciforme y el infundíbulo, (véase después) quedan como relieves destacados de esta pared nasal.

Cornetes y meatos (Fig. 4-24D)

Un aspecto importante de las fosas nasales es que, debido a la disposición de los cornetes, la cavidad está parcialmente dividida en espacios que se denominan meatos. Tal como hemos descrito, en la zona central de la pared externa la concha inferior (cornete inferior) y los cornetes superior y medio del etmoides se proyectan, a modo de toldos, hacia el interior de la cavidad nasal dividiéndola en **receso esfenoetmoidal** (entre cornete superior y techo) y los **meatos superior** (entre cornete superior y medio), **medio** (entre el cornete medio y la concha inferior) e **inferior** (entre la concha y el suelo). Finalmente, se denomina **meato nasofaríngeo** al espacio posterior de la fosa nasal que se sitúa por detrás del extremo posterior de los cornetes.

En el meato superior se abren las **celdillas etmoidales posteriores**. En el meato medio se abre el **seno frontal** a través del infundíbulo, las **celdillas etmoidales anteriores** y **medias** (se abren directamente y también por medio del infundíbulo) y el **seno maxilar**. Este último presenta una abertura dividida en tres partes debido a que sobre su contorno óseo se superpone la apófisis unciforme del etmoides articulada con la apófisis etmoidal de la concha inferior. De las tres aberturas, sólo la superior, que se dispone por encima de la curvatura de la apófisis unciforme, es la que permanece como tal, ya que las otras se ocluyen por la mu-

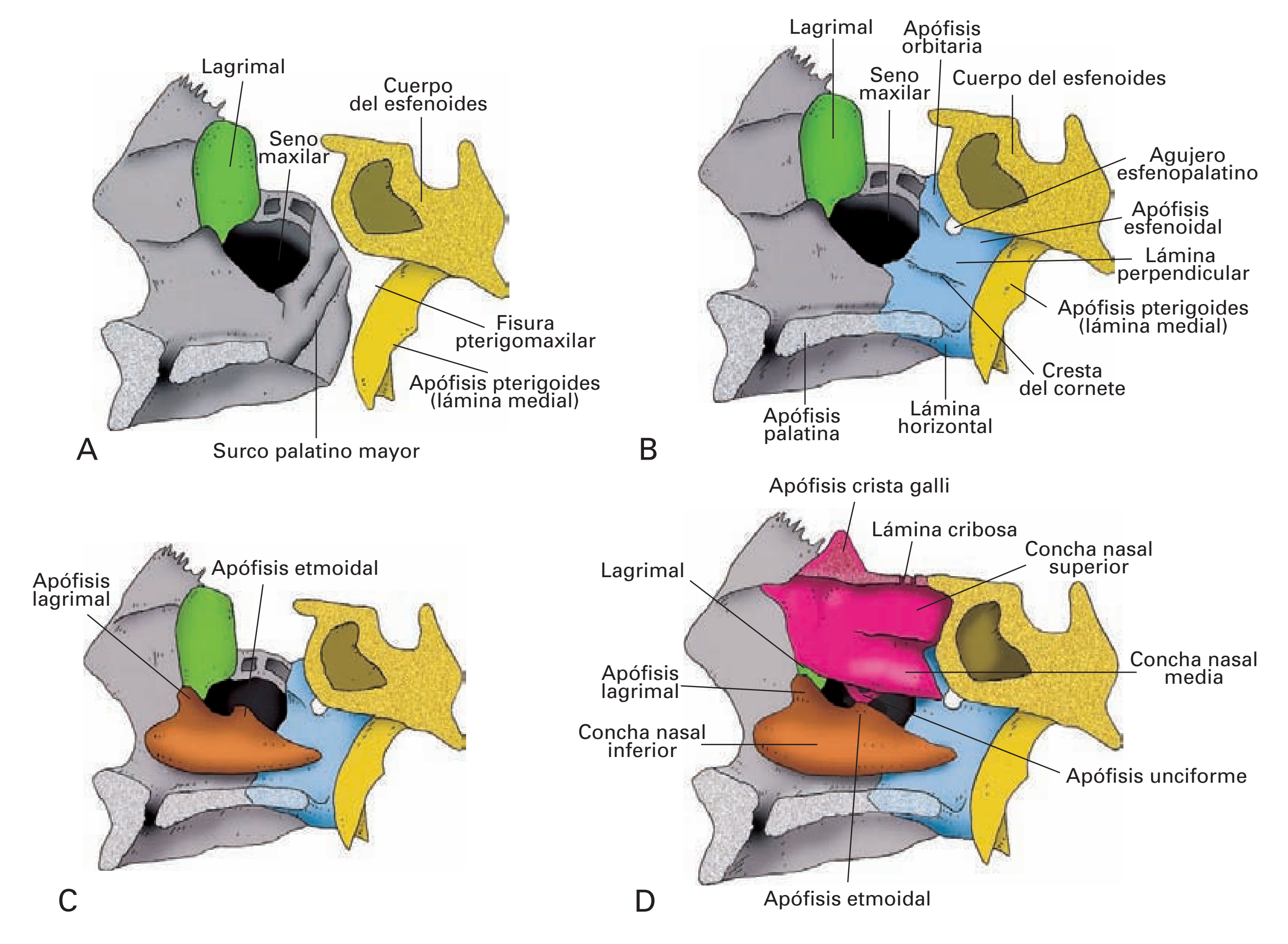


Figura 4-24. Reconstrucción de la pared lateral de las fosas nasales. A) posicion del maxilar (gris); esfenoides (amarillo); lagrimal (verde). B) se ha añadido el palatino (azul) al esquema a. C) se ha añadido la concha nasal inferior al esquema b. D) se ha añadido el etmoides (rosa) al esquema c. (Inspirado en Rouvière.)

cosa. En el meato inferior desemboca el **conducto nasolagrimal**. En el meato nasofarígeo se encuentra el **orificio esfenopalatino** de comunicación con la fosa pterigopalatina.

Las fosas nasales óseas están revestidas de mucosa, y experimentan modificaciones que se describen detalladamente en la sección correspondiente al Aparato respiratorio.

Visión lateral del cráneo (*Norma lateral*; Fig. 4-1)

El hueso temporal ocupa una posición central en la cara lateral del cráneo. Por detrás, se une al occipital; por arriba, al parietal; y, por delante, al ala mayor del esfenoides, que a su vez se continúa hacia abajo con la apófisis pterigoides y se une, por delante y por arriba, con la escama del frontal.

El temporal, además, mediante la apófisis cigomática, forma con el hueso cigomático el arco cigomático (asa de la calavera). Por debajo del origen del arco se dispone, de atrás a delante, el relieve de la apófisis mastoides, el orificio del conducto auditivo externo y la fosa mandibular, donde queda articulada la rama de la mandíbula. Medialmente a estos últimos segmentos se encuentra la apófisis estiloides.

Debido a la configuración de los huesos mencionados, se labran en la cara lateral del cráneo las fosas temporal, infratemporal y pterigopalatina.

Fosa temporal (Fig. 4-1)

Es la región de la pared lateral del cráneo ocupada por el músculo temporal. Se extiende en el espacio circunscrito por arriba por la línea temporal superior y, por debajo, por la cresta esfenotemporal del ala mayor del esfenoides. La línea temporal superior recorre la cara lateral de la escama del frontal y el hueso parietal extendiéndose desde la articulación frontocigomática hasta las proximidades del extremo posterior de la raíz longitudinal de la apófisis cigomática del temporal.

Dentro de las líneas de sutura de esta región destaca el **pterion**[14] (sutura en forma de H donde confluyen el ala mayor del esfenoides, la escama del frontal, el parietal y la escama del temporal), que es un punto débil de la bóveda craneal.

Por debajo, la fosa temporal está parcialmente oculta por el extremo superior de la rama ascendente de la mandíbula y comunica con la fosa infratemporal por medio de la amplia abertura comprendida entre la cara interna del arco cigomático y la cresta infratemporal del ala mayor del esfenoides.

Fosa infratemporal (Fig. 4-25)

Es un espacio irregular de la cara lateral del cráneo, situado caudalmente a la fosa temporal, con la que se comunica ampliamente. Aunque en el cráneo óseo es una cavidad incompleta oculta en parte por la rama ascendente de la mandíbula, los músculos pterigoideos contribuyen a establecer una región anatómica bien definida ocupada por la rama mandibular del trigémino y por la arteria maxilar. Se pueden distinguir en ella tres paredes óseas: 1) la pared anterior, que es la cara posterior del maxilar con la tuberosidad del maxilar; 2) la pared superior, formada por la porción horizontal del ala mayor del esfenoides y una pequeña superficie del temporal; y 3) la pared medial, formada por la cara externa de la apófisis pterigoides.

En la arista que separa la pared anterior (maxilar) de la superior (ala mayor), se dispone la **fisura orbitaria inferior**, a través de la cual comunica ampliamente con la órbita.

En la arista que separa la pared anterior (maxilar) de la medial (apófisis pterigoides), se dispone una **hendidura pterigomaxilar** que da acceso a la fosa pterigopalatina (véase después).

En el techo (ala mayor del esfenoides) se disponen los **orificios oval** y **espinoso**, que comunican la fosa con el interior del cráneo (fosa craneal media).

En la pared anterior se disponen los **orificios alveolares superiores posterior** (agujeros dentarios posteriores).

Fosa pterigopalatina (Fig. 4-26)

Se considera que es el fondo de la fosa infratemporal, ya que la prolonga en profundidad. Es una fina hendidura dispuesta entre el margen anterior de las apófisis pterigoides (pared posterior de la fosa) y el borde posterior de maxilar (pared anterior de la fosa), que se encuentra ocluida en profundidad por la lámina vertical del palatino (pared medial de la fosa) extendida entre las caras internas de ambos huesos. El techo de esta hendidura se corresponde con el ala mayor del esfenoides, justo donde se sitúa el **agujero redondo** (*agujero redondo mayor*) que comunica la fosa con la cavidad craneal (fosa craneal media). Por abajo la fosa se cierra (vértice) por la confluencia de la pterigoides, la apófisis piramidal del palatino y el maxilar.

Además del agujero redondo y de la abertura a la fosa infratemporal, los siguientes orificios comunican esta fosa con otras regiones: 1) **conducto pterigoideo** (*conducto vidiano*), situado en la parte superior de la pared posterior atravesando la apófisis pterigoides; 2) el **orificio esfenopalatino**, de acceso a la fosa nasal; 3) el extremo medial de la **fisura orbitaria inferior**, justo en la región donde se dispone el surco infraorbitario en el hueso maxilar; 4) **conducto palatino mayor**, que se labra entre el palatino y la cara medial del maxilar (véase Hueso maxilar) y comunica la fosa con el techo de la cavidad bucal; y 5) **conductos palatinos menores**, que se disponen atravesando la apófisis piramidal del palatino y se abren al techo de la boca.

Visión superior del cráneo (Norma vertical)

Muestra la superficie externa de la bóveda craneal y tiene un aspecto ovoideo de eje mayor anteroposterior, ensanchada en el extremo posterior. Presenta por delante la escama del frontal, y a continuación, los parietales, separados entre sí por la **sutura sagital** y del frontal por la **sutura coronal**. Por detrás de los parietales, se disponen la **sutura lambdoidea** y el extremo superior de la escama del occipital. Como referencia antropométricas en esta cara hay que destacar el **bregma** en la confluencia entre sutura sagital y coronal; el **obelión**, que es una zona sin indentaciones de la parte posterior de la sutura sagital; y el **lambda**, que es la zona de confluencia entre la sutura sagital y la lambdoidea.

Visión occipital del cráneo (Norma occipital)

Muestra la escama del occipital articulada con los parietales en la sutura lambdoidea. En esta cara se localizan los accidentes de la escama del occipital (descritos a propósito del hueso), dentro de los cuales destaca la ***protuberancia occipital externa*** (**inión**).

Vista inferior del cráneo (Norma basal; Fig. 4-27)

Es muy irregular y para su estudio es conveniente dividirla en tres regiones: anterior o **palatonasal**, media o **esfenopetromastoideaa**, y posterior u **occipital**.

[14] Pterión del griego *pteryx* = ala. La razón de este término es porque a ese nivel, Hermes, el dios de la mitología griega, hijo de Zeus y de la pléyade Maya, lleva unas pequeñas alas.

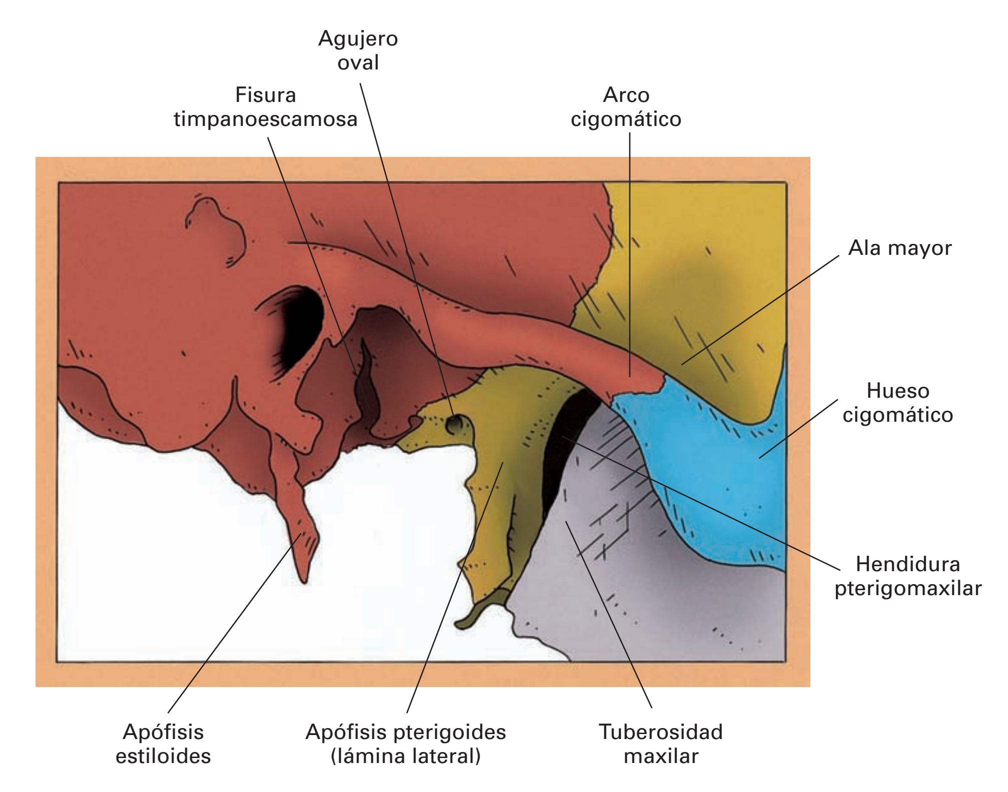


Figura 4-25. Visión lateral de la fosa infratemporal.

Región palatonasal

Está constituida por la **bóveda palatina** (*paladar óseo*), formada por la confluencia de las apófisis palatinas del maxilar y las láminas horizontales de los palatinos. La bóveda palatina está contorneada perifericamente por el **arco alveolar** de los maxilares, en el que se implantan las piezas dentarias superiores. Adosada a cada extremo del arco alveolar, se observa la parte más inferior de las apófisis pterigoides, a las que está asociada la apófisis piramidal del palatino.

En la parte anterior y media de la bóveda palatina se abre el **agujero incisivo**, y en la porción más posterior y lateral, los **conductos palatinos mayores**.

En el extremo inferior de las apófisis pterigoides se abren los **conductos palatinos menores** en la superficie correspondiente a la apófisis piramidal del palatino

Por detrás y encima del paladar óseo se encuentran, a ambos lados, las **coanas**, separadas por el vómer.

Región esfenopetromastoidea

Está formada por la porción del hueso temporal y de las alas mayores del esfenoides que participan en la construcción de la base del cráneo.

Lateralmente, se encuentra la fosa infratemporal, limitada por fuera por el arco cigomático. En el límite posterior del arco, se dispone la fosa mandibular y delante de ella el tubérculo articular. Por delante de estas estructuras, la porción del ala mayor del esfenoides forma la pared superior de la fosa infratemporal, donde se encuentran el agujero oval y el agujero espinoso, atravesados, respectivamente, por la rama mandibular del trigémino y la arteria meníngea media.

En el plano medial las coanas marcan el límite con la región palatonasal. A los lados de las coanas están las apófisis pterigoides, que delimitan, entre sus alas, la fosa pterigoidea y, en la parte más superior, la fosita escafoidea.

También en la línea media, y por detrás del cuerpo esfenoidal, aparece el extremo anterior de la porción basilar del occipital. Lateralmente a ella, se sitúa la cara inferior de la porción petrosa del temporal, atravesada en el centro por el agujero carotídeo. Alrededor de este agujero, se disponen numerosos accidentes que ya se han descrito (Fig. 4-12). Más lateralmente, se encuentra el extremo de la apófisis mastoides, delimitado medialmente por la escotadura mastoidea.

En la zona de convergencia entre el borde posterior del ala mayor del esfenoides, el cuerpo esfenoidal, el vértice de la porción petrosa del temporal y la porción basilar del hueso occipital se delimita un amplio orificio, el **agujero rasgado** (*foramen lacerum*), que en el sujeto vivo está ocluido por una membrana fibrosa.

Región occipital

Está representada por la cara exocraneal del hueso occipital y por la zona de unión de este con la porción petrosa

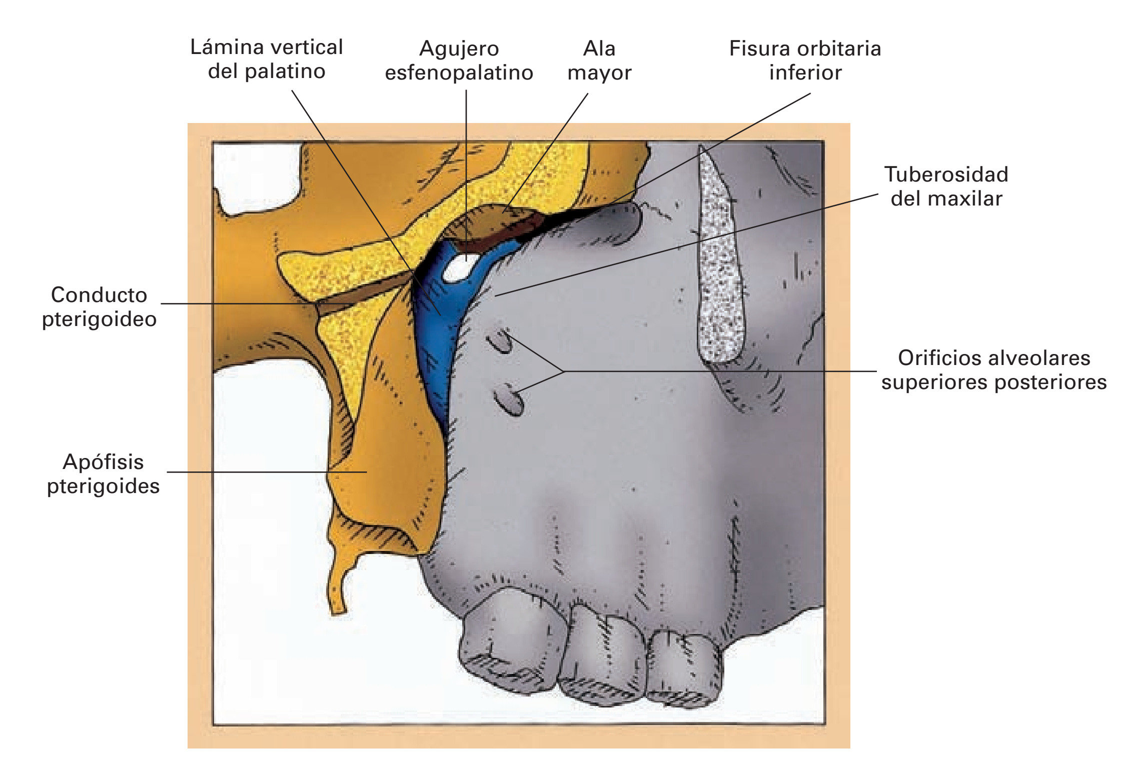


Figura 4-26. Visión lateral de la fosa pterigopalatina. La raíz de la apófisis pterigoides ha sido serrada para descubrir el conducto pterigoideo.

del temporal, donde se labra el agujero yugular. En esta región destaca por encima de cualquier otro accidente el **agujero magno del occipital**, donde el conducto vertebral se comunica con la cavidad craneal.

SUPERFICIE INTERNA DEL CRÁNEO

Se divide en bóveda y base del cráneo por un plano trazado desde la **glabela** del frontal a la **protuberancia occipital externa** (**inión**).

Bóveda

Sus paredes están constituidas por la escama del frontal, los parietales, la escama del temporal y la parte superior de la escama del occipital. Es una superficie bastante lisa en la que aparecen los relieves ya descritos en el estudio de los huesos.

Base (Fig. 4-28)

Se pueden distinguir en esta región tres grandes fosas dispuestas en niveles diferentes que alojan a los componentes del encéfalo.

Como criterio de separación entre las fosas se utilizan dos líneas transversales de accidentes anatómicos, una anterior y otra posterior:

Línea limitante anterior. Está constituida, en la parte lateral del cráneo, por los relieves que forman los bordes posterior de las alas menores del esfenoides prolongados por las **apófisis clinoides anteriores** y, en la zona central, por el labio posterior del **surco prequiasmático** (*surco óptico*).

Línea limitante posterior. Está formada a los lados por el borde superior de la porción petrosa del temporal, y en el centro, por el borde superior del **dorso de la silla** (*lámina cuadrilátera*) del esfenoides, donde sobresalen las **apófisis clinoides posteriores**.

Fosa craneal anterior

Es la región más anterior de la base y la que ocupa un plano más craneal. Se dispone por delante de la línea limitante anterior y soporta la parte inferior de los lóbulos frontales del cerebro.

La zona anterior de la fosa está formada, a los lados, por la porción horizontal del frontal y, en la línea media, por la lámina cribosa del etmoides, donde destaca la **apófisis crista galli**, y los **orificios olfatorios** y el **agujero etmoidal anterior** que van al techo de las fosas nasales.

La zona posterior está formada por la cara superior de las alas menores del esfenoides y el yugo esfenoidal, y se extiende hasta el surco prequiasmático, que comunica,

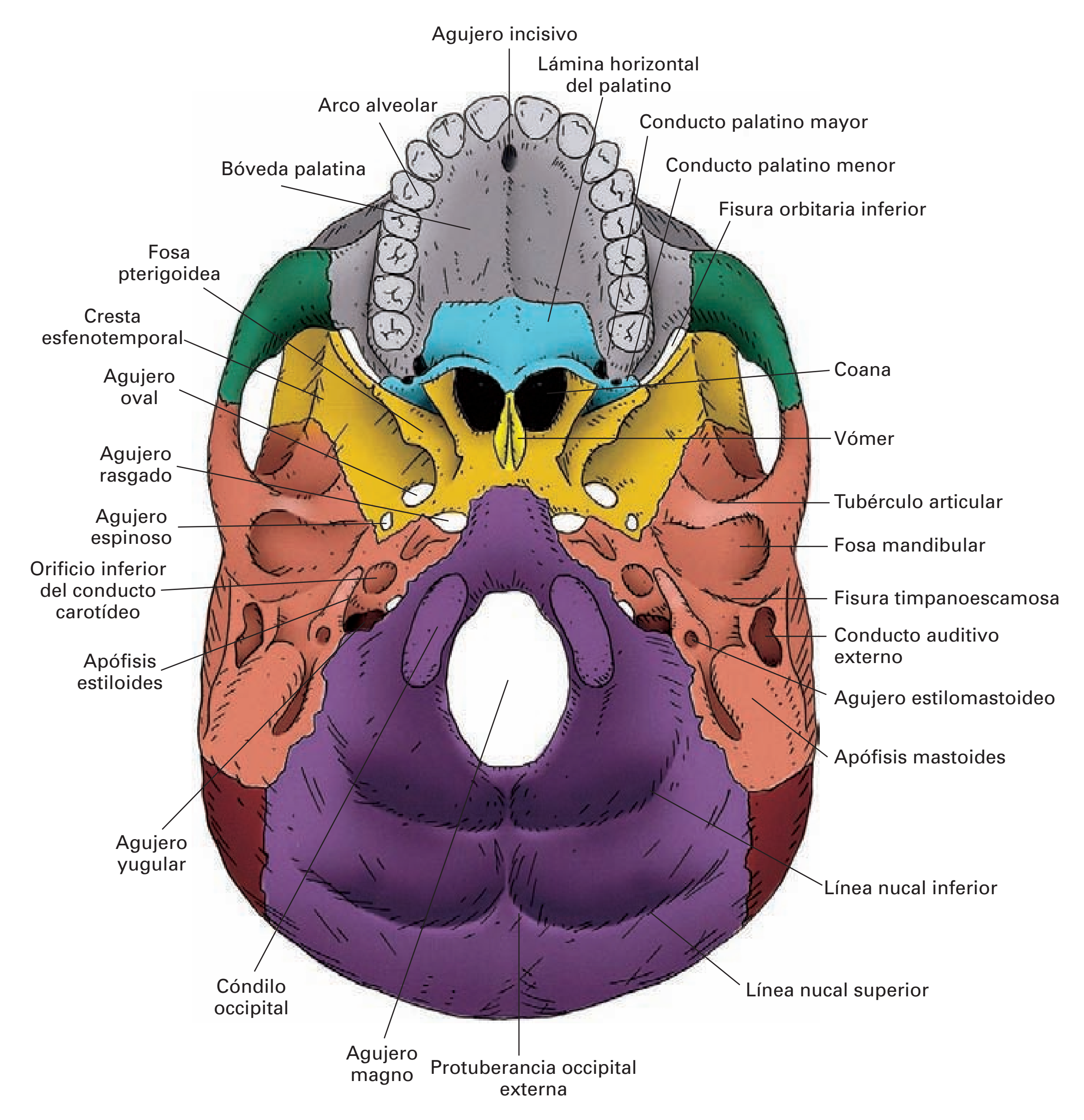


Figura 4-27. Visión inferior del cráneo.

a sus lados, por medio del **conducto óptico,** con la órbita.

Fosa craneal media

Se dispone entre las dos líneas limitantes. Ocupa un plano ligeramente más caudal que la fosa anterior y aloja, a los lados, a los lóbulos temporales del cerebro, y, en el plano medio, a la glándula hipofisaria.

En la zona central se dispone la **fosa hipofisaria** (*silla turca*), y a los lados, la cara endocraneal de las alas mayores del esfenoides y la cara anterior de la porción petrosa del temporal.

Dentro de los relieves de la fosa destacan el **surco carotídeo** a los lados de la fosa hipofisaria y la **eminencia arqueada**, el **tegmen timpani** y la **fosita trigeminal** en la cara anterior de la porción petrosa.

Los orificios de comunicación de esta fosa son: 1) la **fisura orbitaria superior**, de comunicación con la órbita; 2) el **agujero redondo**, de comunicación con la fosa pterigopalatina; 3) Los **agujeros oval** y **espinoso** (redondo menor), ambos de comunicación con la fosa infratemporal; 4) los **hiatos de los nervios petrosos mayor y menor**, por donde emergen estos nervios desde el interior de la porción petrosa del temporal; 5) el **agujero rasgado** (*foramen lacerum*), que está ocluido por una membrana; y 6) el **orificio interno del conducto carotídeo**, situado en el

vértice de la porción petrosa, que da paso a la arteria carótida interna hacia el interior del cráneo.

Fosa craneal posterior

Es la zona de la base situada por detrás de la línea limitante posterior. Se dispone en el plano más caudal de las tres fosas craneales y en ella se alojan el polo occipital del cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo.

Está formada por la cara endocraneal del occipital, por la cara posterior de la porción petrosa del temporal y por la cara endocraneal de la región mastoidea del temporal.

Dentro de los accidentes que ya hemos descrito en los huesos de esta región, cabe resaltar el **clivus** (*canal basilar*), que se sitúa por delante del agujero magno del occipital, y las **fosas cerebelosas** y **cerebrales**, que se sitúan por detrás él. Entre las fosas cerebrales y las cerebelosas se dispone el **surco del seno transverso** (*surco del seno lateral*), que se dirige a los lados hacia la unión entre temporal y occipital. El surco su prolonga en el surco del seno sigmoideo, el cual se incurva hacia delante y hacia dentro para confluir en el agujero yugular y allí continuarse con la vena yugular interna.

De los orificios presentes en la fosa, el agujero magno ocupa una posición central y da acceso al conducto vertebral (*conducto raquídeo*). A su nivel, el tronco del encéfalo se continúa con la médula espinal. Lateral a la porción anterior del agujero magno, se encuentra el **canal del nervio hipogloso**, por donde sale el nervio del mismo nombre. En la unión entre porción petrosa del temporal y las masas laterales del occipital, se sitúa el **agujero yugular**, dividido por las **apófisis intrayugulares** en una porción posterolateral, *venosa*, y, la anterior, *nerviosa*, de salida de los nervios glosofaríngeo, vago y accesorio. Finalmente, en la cara posterior de la porción petrosa debe destacarse la presencia del **agujero del conducto auditivo interno**, por donde atraviesan los nervios facial y vestibulococlear.

Fracturas del cráneo

Los traumatismos craneales son muy frecuentes y causan cerca del 20 % de las muertes de las personas jóvenes. Se dice que los traumatismos son *abiertos* cuando la fractura se acompaña de rotura de la duramadre, y la consiguiente salida de masa encefálica, y en caso contrario, *cerrados*. El criterio más importante para el diagnóstico de la gravedad de un traumatismo craneal es la duración de la pérdida de conocimiento, aunque la localización de la lesión tiene también gran importancia.

Las fracturas lineales de la bóveda no suelen revestir mucha gravedad y tienden espontáneamente a cerrarse. Sin embargo, en los niños los bordes de la fractura pueden pellizcar la meninge y dar lugar a engrosamientos del callo de fractura que requieren tratamiento quirúrgico. Cuando hay hundimientos de la bóveda, el riesgo de meningitis es muy alto, y es necesaria la intervención quirúrgica para reparar y limpiar la zona lesionada.

Las fracturas de la base del cráneo se pueden diagnosticar por hemorragias nasales o del oído, que se acompañan de pérdida de líquido cefalorraquídeo, y pueden producir complicaciones, como sordera, parálisis de nervios craneales, anosmia o ceguera.

El CRÁNEO EN EL RECIÉN NACIDO
(Fig. 4-29)

Hay dos hechos característicos del desarrollo cráneal que provocan importantes diferencias entre el cráneo del recién nacido y el del adulto: 1) los huesos completan su desarrollo morfológico en períodos posnatales tardíos, y 2) los huesos, al no haber completado su osificación, se mantienen unidos por cartílago o por membranas de tejido conjuntivo.

Desproporción entre viscerocráneo y neurocráneo

Dado que el patrón de desarrollo de los huesos con y sin cavidades aéreas es distinto, en el momento del nacimiento el cráneo posee unas proporciones muy diferentes de las del adulto. El neurocráneo es grande y contrasta con un viscerocráneo muy pequeño. Las razones de esta desproporción se deben, por un lado, a que los senos paranasales y cavidades pneumáticas de los huesos se desarrollan principalmente a lo largo del período posnatal y, por otro lado, a que los dientes, y por lo tanto el hueso maxilar, aún deben de desarrollarse. De esta manera, el viscerocráneo representa 1/7 del total del cráneo del recién nacido, mientras que en el adulto representa 1/3. Por las mismas razones expuestas antes, y también por la pequeña actividad que realiza el músculo esternocleoidomastoideo, el cráneo del recién nacido carece prácticamente de apófisis mastoides, y los arcos superciliares están muy poco desarrollados, mientras que las órbitas y la frente son desproporcionadamente grandes con respecto al resto de la cara.

Lesiones del nervio facial en el parto

La falta de desarrollo del proceso mastoideo en el recién nacido determina que el nervio facial, que emerge del agujero estilomastoideo, esté muy expuesto en la superficie lateral del cráneo. Por este motivo, el nervio facial puede ser lesionado gravemente en los partos asistidos con fórceps.

Fontanelas

Otro aspecto singular del cráneo del recién nacido es que los huesos de la bóveda craneal están unidos por amplias

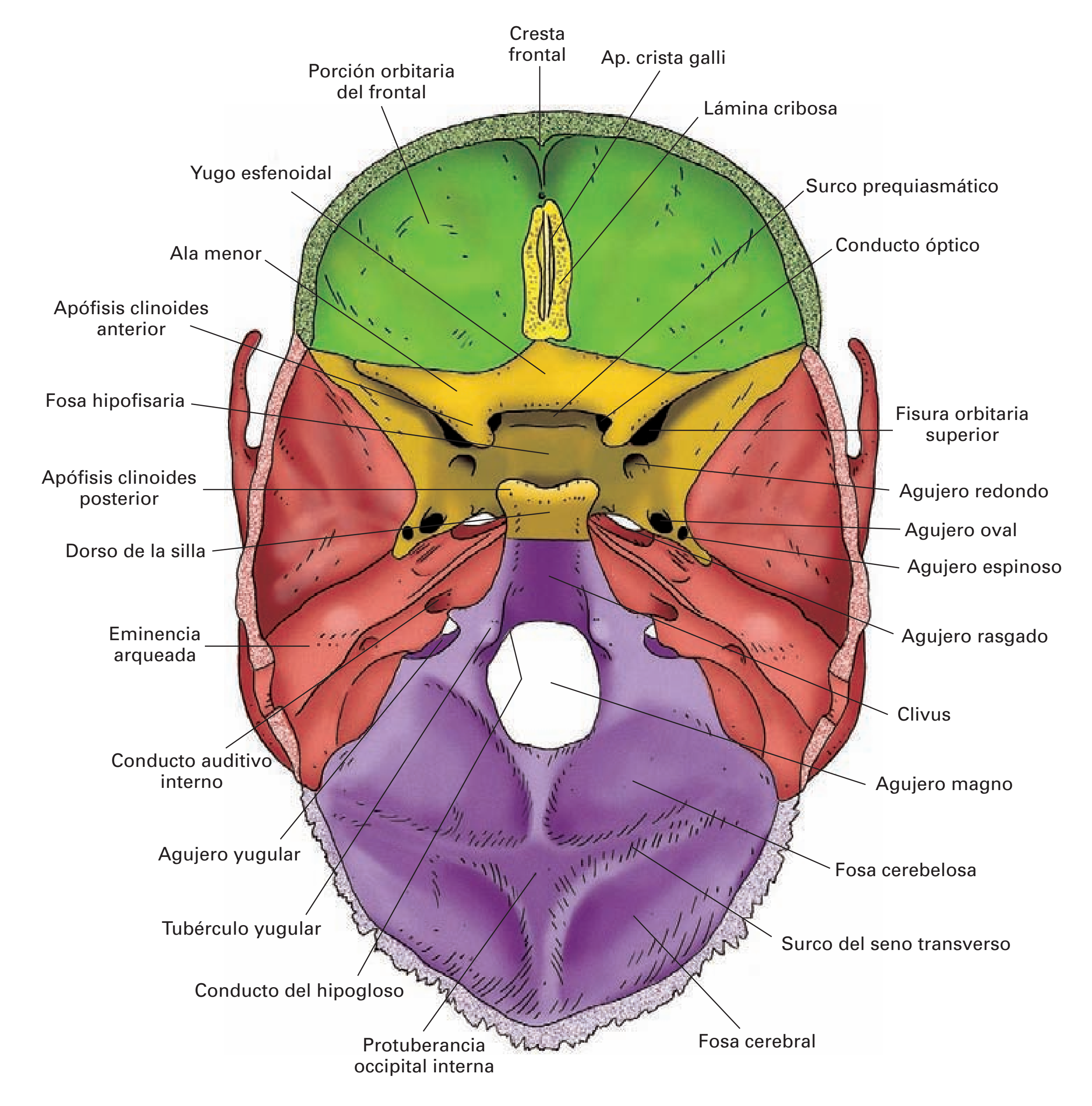


Figura 4-28. Visión superior de la cara endocraneal de la base del cráneo.

suturas de tejido conjuntivo, que dotan al cráneo de una gran elasticidad, permitiendo que durante el nacimiento atraviese el canal del parto sin sufrir lesiones.

En las zonas donde confluyen las suturas, se forman láminas membranosas amplias denominadas **fontanelas**. Hay dos fontanelas impares en la línea mediosagital del cráneo: la **fontanela anterior** (*bregmática*) que es de forma romboidal y de mayor tamaño que las demás, y se dispone entre el frontal y los parietales; y la **fontanela posterior** (*lambdoidea*[15]), dispuesta entre el occipital y los parietales. Otras dos fontanelas son pares y se disponen en las caras laterales de la bóveda: las **fontanelas esfenoidales** (*ptéricas*) entre las alas mayores del esfenoides, la escama temporal, la escama frontal, y la parietal; y las **fontanelas mastoideas** (*astéricas*) en la confluencia entre los huesos occipital, parietal y temporal.

La desaparición (cierre) de las fontanelas ocurre en los primeros años de vida si el desarrollo óseo es normal. La fontanela anterior se cierra en los niños antes de los dos años; la posterior a los dos meses del nacimiento; la esfenoidal hacia los tres meses; y la mastoidea a los ocho o diez meses.

Aparte de las fontanelas, hay que señalar que en el recién nacido la escama del frontal aparece dividida en dos mitades por la sutura frontal (metópica).

[15] Por su forma triangular que se asemeja a la letra griega *lambda*.

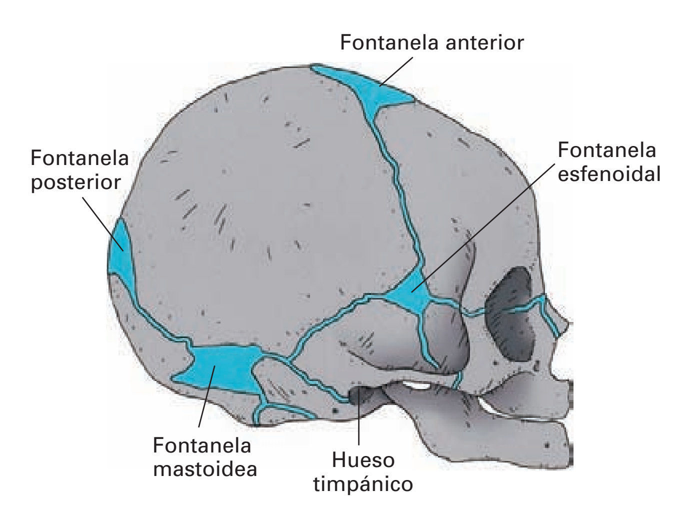


Figura 4-29. Visión lateral del cráneo en el recién nacido. Las suturas y fontanelas están representadas en azul.

La fontanela anterior se dispone superficialmente al seno sagital (longitudinal superior), por lo que es un lugar de elección para hacer infusiones endovenosas a los recién nacidos.

El examen de las fontanelas aporta información valiosa sobre problemas de deshidratación (fontanelas deprimidas) e hipertensión craneal (fontanelas abombadas) y permiten controlar el desarrollo óseo del niño (tiempo que tardan en cerrarse).

Osificación

El neurocráneo y el viscerocráneo poseen un origen embriológico distinto. El neurocráneo deriva de las células de la cresta neural y del mesodermo paraxial (esclerotomo). El viscerocráneo deriva de los dos primeros arcos branquiales (consultense los detalles del origen de los esbozos óseos en una obra de embriología).

Independientemente de su origen, los huesos del cráneo, pueden seguir un proceso de osificación intramembranosa o de osificación endocondral (condrocráneo).

El patrón de osificación intramembranosa se caracteriza porque los esbozos de cada hueso se osifican directamente desde una maqueta membranosa. Dentro de este tipo, están incluidos todos los huesos de la bóveda craneal (frontal, parietales, escama del temporal y zona superior de la escama del occipital), la mayor parte de las apófisis pterigoides y de las alas mayores del esfenoides, el vómer,

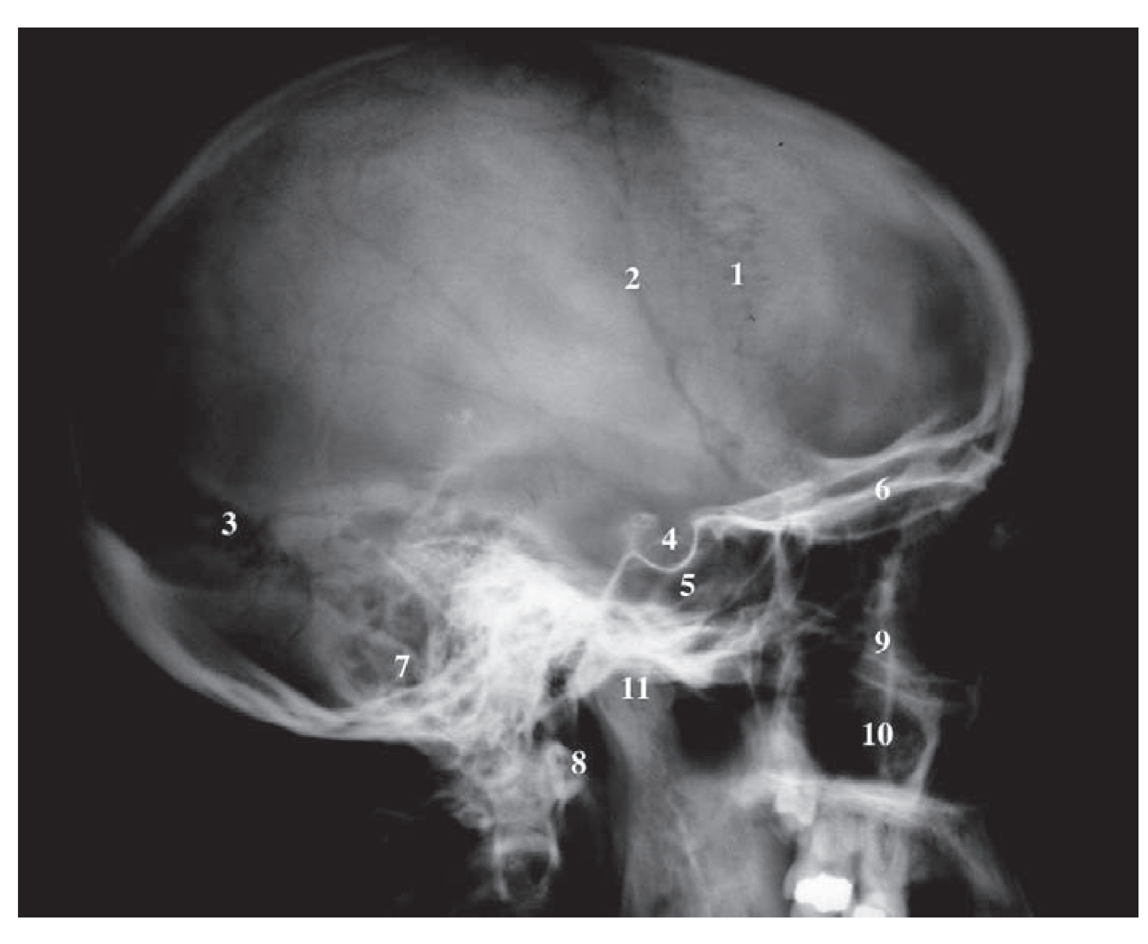


Figura 4-30. Radiografía lateral del cráneo. 1) Sutura coronal. 2) Surcos vasculares. 3) Sutura lambdoidea. 4) Silla turca. 5) Seno esfenoidal. 6) Techo orbitario. 7) Celdas mastoideas. 8) Arco anterior del atlas. 9) Hueso cigomático. 10) Seno maxilar. 11) Apófisis condilar.



Figura 4-31. Radiografía posteroanterior del cráneo. 1) Seno frontal. 2) Fisura orbitaria superior. 3) Seno maxilar. 4) Cornete medio. 5) Cornete inferior. 6) Porción petrosa del temporal. 7) Rama ascendente de la mandíbula.

el palatino, el nasal, el lagrimal, el cigomático, el maxilar y la mandíbula.

El patrón de osificación endocondral se caracteriza porque antes de la osificación el esbozo mesenquimatoso del hueso se diferencia en cartílago que secundariamente es sustituido por hueso. Dentro de estos huesos se incluyen porción no escamosa del occipital, porciones petrosa y mastoidea del temporal, cuerpo y alas menores del esfenoides, etmoides y cornete inferior.

En los huesos de osificación membranosa aparecen zonas de osificación que ocupan una posición preferentemente central. Las zonas de osificación se extienden hacia la zona periférica, de modo que las suturas son las últimas en osificarse. El proceso se inicia en el período prenatal y en el nacimiento los huesos están unidos por amplias suturas membranosas. La osificación de las suturas (*cierre de la sutura*) progresa muy rápidamente en el período posnatal, pero la soldadura completa entre los bordes de algunos huesos tiene lugar en los adultos hacia los 30 ó 40 años.

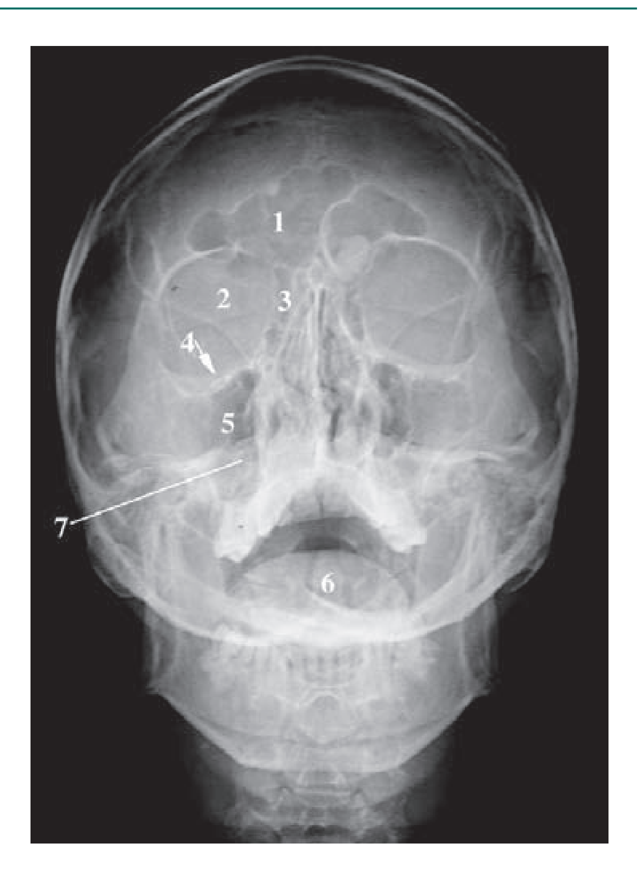


Figura 4-32. Radiografía posteroanterior de la cara (proyección de Waters). 1) Seno frontal. 2) Órbita. 3) Celdas etmoidales. 4) Orificio infraorbitario. 5) Seno maxilar. 6) Diente del axis. 7) Línea que marca la porción petrosa del temporal.

En los huesos de osificación endocondral, las maquetas cartilaginosas de los huesos inician la osificación por centros de osificación que aparecen a partir del segundo o tercer mes de vida intrauterina. En el nacimiento los huesos están representados por piezas óseas unidas por cartílago que se va osificando con rapidez en los primeros años de vida posnatal. No obstante, puede considerarse, como excepción a la regla descrita, que el cartílago del tabique nasal es una pieza cartilaginosa del viscerocráneo que no completa nunca su osificación.

CRECIMIENTO DEL CRÁNEO

El cráneo sigue un proceso de crecimiento irregular. El crecimiento es máximo en el primer año de vida y sigue siendo considerable hasta los 7 años. A partir de esta edad, el crecimiento se hace muy lento, excepto durante la pubertad, en que el cráneo se expande en especial en la zona frontal y en el viscerocráneo.

El crecimiento de la bóveda craneal tiene lugar por dos mecanismos. Por un lado, los huesos crecen por sus bordes suturales sin osificar hasta que se inicia el cierre de las suturas. Por otro lado, los huesos presentan un modelo de



Figura 4-33. Tomografía computarizada de la cabeza. Sección axial a nivel de las fosas nasales. 1) Seno maxilar. 2) Conducto nasolagrimal. 3) Vómer. 4) Cornete. 5) Apófisis condilar de la mandíbula. 6) Apófisis coronoides. 7) Tubérculo articular del temporal. 8) Conducto carotídeo. 9) Conducto auditivo externo. 10) Unión esfenooccipital.

crecimiento diferencial, consistente en la aposición de hueso en la superficie exocraneal de la bóveda, acompañado por reabsorción en la superficie endocraneal.

Deficiencias mentales secundarias al cierre precoz de las suturas del cráneo

Existen diversos síndromes de origen genético en el que los huesos del cráneo sufren un proceso de osificación precoz, de forma que las suturas desaparecen mucho antes de lo normal (*craneosinostosis*). Esta alteración tiene consecuencias graves en los niños, ya que el volumen craneal no puede expansionarse, causando deficiencias mentales graves porque impide el desarrollo del sistema nervioso central. El tratamiento de estas alteraciones es la apertura quirúrgica de las suturas.

En la base del cráneo, el crecimiento tiene lugar a expensas del cartílago que une a las piezas osificadas. Este proceso permite una considerable expansión de la base del cráneo hasta que desaparece el cartílago de unión.

Además de los factores generales del crecimiento del cráneo descritos antes, existen tres factores adicionales importantes en el desarrollo de algunas zonas del cráneo:

1. La expansión de los senos paranasales. Inicialmente los senos son muy pequeños y su mayor expansión ocurre durante la pubertad. Éste es el motivo del crecimiento rápido del frontal y del viscerocráneo en esa época de la vida.
2. El desarrollo de las piezas dentarias. El maxilar y la mandíbula en el recién nacido están muy poco desarrollados, y hasta que no ocurre la eclosión de las piezas dentarias, no se completa adecuadamente su desarrollo.
3. El desarrollo muscular. Un ejemplo paradigmático de este factor es el desarrollo de la apófisis mastoides, que está asociado a la acción del músculo esternocleidomastoideo.

EXPLORACIÓN DEL CRÁNEO POR MÉTODOS DE ANÁLISIS DE IMAGEN (Figs. 4-30 a 4-33)

En la práctica médica, se utilizan como métodos habituales para el estudio de las alteraciones de la anatomía craneal las radiografías simples y la tomografía computarizada.

Radiografía simple

Dada la complejidad morfológica del cráneo, no es posible observar todos los detalles en una sola proyección radiográfica. Por ello, habitualmente es necesario combinar las proyecciones convencionales lateral (Fig. 4-30) y posteroanterior (Fig. 4-31), con proyecciones especiales. Entre estas proyecciones cabe resaltar las siguientes:

Proyección posteroanterior de la cara (de Waters; Fig. 4-32). En esta proyección el haz de rayos X penetra por la protuberancia occipital externa, y el sujeto se sitúa con la boca abierta sobre la placa. Es adecuada para observar los senos paranasales y los orificios infraorbitario y redondo.

Proyección axial (de Schüller). En esta proyección el haz se aplica perpendicular a la bóveda craneal y el sujeto se sitúa con el mentón apoyado sobre la placa. Es adecuada para estudiar la base del cráneo.

Tomografía computarizada y resonancia magnética (Fig. 4-33; véase Fig. 9-8)

Son de extraordinaria utilidad para el estudio de los órganos, de las paredes y de las cavidades craneales y, en particular, para la exploración del contenido de la porción petrosa del temporal.

CAPÍTULO 5

Aparato locomotor del tronco y del cuello

ORGANIZACIÓN GENERAL
COLUMNA VERTEBRAL
CAVIDAD PÉLVICA
TÓRAX
CUELLO
CAVIDAD ABDOMINAL
MUSCULATURA POSTERIOR DE LA COLUMNA VERTEBRAL
DINÁMICA DEL TRONCO Y DEL CUELLO

ORGANIZACIÓN GENERAL

Desde el punto de vista esquelético, el tronco y el cuello están sustentados por la **columna vertebral** (Fig. 5-1), que constituye un largo vástago óseo formado por múltiples piezas superpuestas denominadas **vértebras**[1]. En su extremo superior la columna vertebral soporta al cráneo, estableciendo una compleja articulación (articulación cráneo-vertebral) que permite la movilidad de la cabeza. En su extremo inferior, la columna vertebral transmite su carga a las extremidades inferiores a través de su articulación con los **huesos coxales** (*huesos ilíacos*), formando un estructura de gran solidez denominada **cintura pélvica**. En la parte alta del tronco, la columna vertebral tiene asociados una serie regular de arcos ósteo-cartilaginosos, los arcos costales. Dichos arcos se unen por su extremo posterior a la columna vertebral y por su extremo anterior al esternón; el conjunto así formado es el **tórax**. Finalmente, la extremidad superior se une a la parte alta del tórax formando la **cintura escapular**.

[1] Vértebra procede del latín y significa articulación.

Evolución

Al esqueleto del cráneo y del tronco y el cuello se le denomina **esqueleto axial**, para diferenciarle del esqueleto de las extremidades (**esqueleto apendicular**), y constituye la parte evolutivamente más antigua del esqueleto. La adquisición del esqueleto axial en el curso del desarrollo filogenético da origen a los cordados e implica la adquisición de una nueva forma de locomoción, que se caracteriza por movimientos sinuosos (especialmente de la cola del animal) dependientes de músculos segmentarios asociados a este esqueleto, ya que otras formas de movilidad más primitivas, como la contracción telescópica del cuerpo, no son posibles con una estructura rígida o semirrígida a lo largo de su eje longitudinal. La aparición del esqueleto apendicular es un hecho más reciente, que ocurre a partir de los peces, e implica también la incorporación de un nuevo modelo de locomoción, que se pone especialmente de manifiesto en los vertebrados terrestres tetrápodos.

El modelo inicial de columna vertebral está representado por la notocorda, pero pronto es sustituido por una cadena de piezas óseas (las vértebras) unidas entre sí por articulaciones. Las vértebras primitivas poseen variaciones importantes entre especies, pero, básicamente, están formadas por un elemento central voluminoso (**centrum**) situado por delante de la médula espinal, y un **arco neural** que, unido por sus extremos anteriores al centrum,

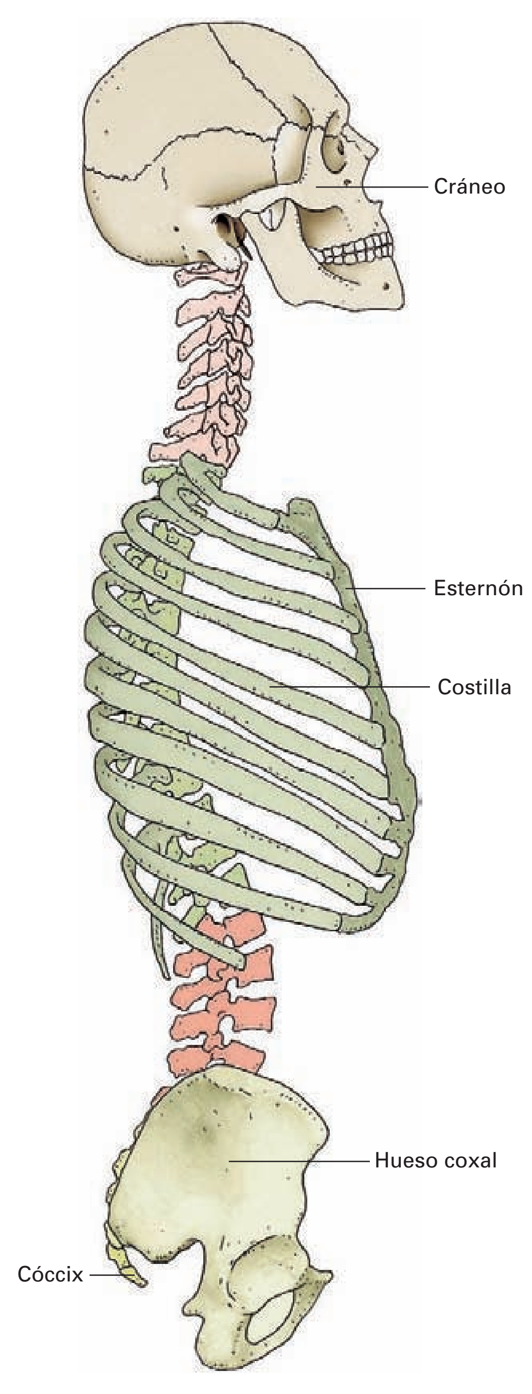


Figura 5-1. Representación esquemática del esqueleto axial. Visión lateral. Los diferentes segmentos de la columna vertebral están representados en diferentes colores: segmento cervical (rosa claro), segmento torácico (verde), segmento lumbar (rosa oscuro) y segmento pélvico (amarillo). Nótese que se ha separado ligeramente el cráneo de la columna vertebral.

rodea la médula protegiéndola. El arco neural presenta habitualmente una proyección posterior (**espina neural** o *apófisis espinosa*) y dos laterales (**apófisis transversas**) que prestan inserción a los músculos segmentarios movilizadores del esqueleto axial. Las costillas se forman como elementos asociados a las vértebras con el fin de incrementar las zonas de inserción muscular y, por tanto, la movilidad (aunque inicialmente aparecieron costillas dorsales y ventrales, las costillas de los tetrápodos derivan de las primitivas costillas dorsales). Cuando en el curso de la evolución se pasa de la respiración branquial a la pulmonar, los esbozos costales se especializan en la movilidad del tórax, quedando en el resto de segmentos de la columna vertebral como accidentes óseos rudimentarios. Este cambio tiene la ventaja adicional que permite incrementar los grados de movilidad de la cabeza con respecto a la columna vertebral. Por otro lado, al pasar de la vida acuática a la vida terrestre, y asociado al desarrollo de las extremidades, la columna vertebral sufre un proceso de adaptación a nuevas necesidades mecánicas y en la zona de implantación de las extremidades inferiores (**segmento sacro**) las vértebras pierden movilidad, fusionándose unas con otras para formar una pieza ósea única que distribuye la carga mecánica hacia las extremidades. A continuación del segmento sacro se dispone el segmento caudal de la columna vertebral. El número de vértebras de este segmento varía enormemente entre especies, y en el hombre persiste como un segmento rudimentario, representado por una pieza ósea, el **cóccix**, que resulta de la fusión de 3 a 5 vestigios de vértebras.

En este y en los siguientes capítulos se analizará el aparato locomotor del tronco y el cuello (huesos, articulaciones y músculos) bajo criterios funcionales y topográficos.

A) Desde el punto de vista funcional se analizarán los siguientes aspectos:

1. El estudio de la columna vertebral como elemento de sustentación y como estructura móvil del tronco y el cuello.
2. El anclaje de la columna vertebral en el cinturón pélvico.
3. La unión entre columna vertebral y cráneo.
4. La conformación anatómica del tórax y el análisis de su movilidad.

Los aspectos funcionales de la unión del tronco a las extremidades se analizarán en los capítulos dedicados al estudio del aparato locomotor de las extremidades.

B) Desde el punto de vista topográfico, el estudio de los elementos del aparato locomotor del tronco va a permitir establecer cuatro grandes regiones anatómicas: el cuello, el tórax, el abdomen y la pelvis, cuyas paredes están constituidas por huesos y por músculos.

COLUMNA VERTEBRAL

ESTUDIO DE LAS VÉRTEBRAS

La columna vertebral constituye el esqueleto axial del tronco y del cuello. Se sitúa a lo largo del plano sagital en

una posición dorsal, de tal manera que hace relieve en la superficie posterior del cuerpo. Está formada por la superposición de un total de 32 a 34 vértebras que se articulan entre sí constituyendo una estructura a la vez resistente y flexible (Fig. 5-23). La morfología y la función de las vértebras varían a lo largo de la columna vertebral, por lo que, desde su extremo superior al inferior, se pueden distinguir cuatro grandes segmentos que agrupan vértebras con caracteres morfológicos diferentes: *segmento cervical* formado por 7 vértebras (**vértebras cervicales**), *segmento torácico* formado por 12 vértebras (**vértebras torácicas**), segmento lumbar formado por 5 vértebras (**vértebras lumbares**), y *segmento pélvico* formado por dos piezas óseas el **sacro** y el **cóccix**, que a su vez, resultan de la fusión de 5 vértebras sacras y de 3 ó 5 vértebras coccígeas, respectivamente.

Funciones

Función de soporte. Sobre la columna vertebral recae el peso del organismo y lo transmite hacia las extremidades inferiores.

Función de movilidad. Las diferentes vértebras se unen entre sí por articulaciones que confieren una considerable movilidad a la columna evitando que se comporte como un pivote rígido.

Función de protección. La columna vertebral forma un verdadero estuche de protección de la médula espinal. Para ello, está recorrida en toda su longitud por un conducto (**conducto vertebral** o *conducto raquídeo*) donde se aloja la médula espinal. En el extremo superior de la columna vertebral el conducto vertebral se comunica con la cavidad craneal por medio del agujero magno del occipital.

VÉRTEBRA TIPO

Las vértebras son huesos cortos y aunque la forma individual presenta grandes variaciones entre diferentes vértebras, se puede describir una **vértebra tipo** que reúne los rasgos anatómicos que son comunes a todas las vértebras.

La vértebra tipo tiene forma de anillo de contorno muy irregular, en el que se pueden distinguir las siguientes partes anatómicas (Fig. 5-2):

Cuerpo vertebral. Es una región abultada que ocupa la porción anterior de la vértebra y que desempeña principalmente la función de soporte. Tiene forma de tambor de contornos aplanados con abundantes orificios vasculares, especialmente en su cara posterior. Desde el punto de vista estructural, está formado por tejido óseo esponjoso revestido de una fina zona periférica de hueso compacto.

Arco vertebral. Es un arco óseo que se une por sus extremos a los límites posterolaterales del cuerpo vertebral, delimitando con él un amplio orificio, el **agujero vertebral**,

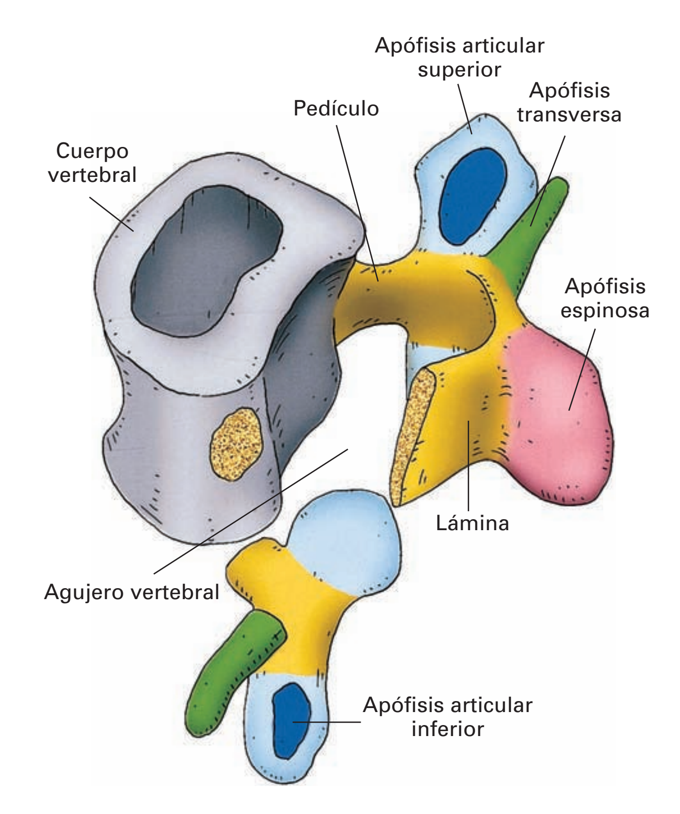


Figura 5-2. Representación esquemática de una vértebra tipo. En el lado izquierdo se ha separado una porción del arco vertebral para poner de manifiesto el aspecto anular de la vértebra. (Basado en Perlemuter.)

que da a la vértebra el aspecto de anillo (la suma de los agujeros vertebrales, al superponerse las vértebras, forma el conducto vertebral). Junto con el cuerpo vertebral, el arco vertebral protege la médula espinal. El arco vertebral no es uniforme, sino que, en sus extremos anteriores de unión al cuerpo, tiene un aspecto estrechado, mientras que en la parte posterior es ancho y aplanado. Por esta razón, en cada mitad del arco vertebral se distinguen dos partes, una anterior, el **pedículo vertebral,** y otra posterior, la **lámina vertebral**.

Pedículos vertebrales. Se unen por delante a la región posterolateral de los cuerpos y por su extremo posterior se continúan con las láminas. Los pedículos tienen un grosor más reducido que los cuerpos vertebrales y, además, su borde superior y sobre todo el inferior están escotados (**incisuras vertebrales superior** e **inferior**), por lo que, al articularse las vértebras entre sí entre los bordes de cada dos pedículos, se limitan unos orificios denominados **agujeros intervertebrales** (*agujeros de conjunción*) que se abren al conducto vertebral. Los agujeros de conjunción permiten el paso de los nervios espinales y de los vasos que los acompañan.

Láminas vertebrales. Constituyen la parte posterior, aplanada, de los arcos vertebrales. Por su extremo posteromedial las láminas de ambos lados confluyen en una región de donde surge la apófisis espinosa.

Apófisis. Son relieves óseos prominentes que surgen del contorno del arco vertebral y que dan un aspecto muy irregular a las vértebras. Su función es dar inserción a los músculos de la región y establecer articulaciones con las vértebras vecinas. Son, por tanto, estructuras que están principalmente al servicio de la movilidad de la columna vertebral.

Se distinguen las siguientes apófisis:

Apófisis transversas. Son dos prominencias óseas (una a cada lado) que arrancan de la unión entre el pedículo y la lámina y se dirigen hacia afuera.

Apófisis espinosa. Es un relieve impar que se origina del punto de confluencia entre las dos láminas de la vértebra y se dirige hacia el plano posterior.

Apófisis articulares. Son cuatro relieves óseos (dos a cada lado). Surgen del límite entre pedículo y lámina, denominado **istmo vertebral**, y se dirigen verticalmente hacia arriba (**apófisis articulares superiores**) y hacia abajo (**apófisis articulares inferiores**). El istmo vertebral es un punto débil de las vértebras susceptible de romperse por traumatismos. Las apófisis articulares superiores de una vértebra se articulan con las inferiores de la vértebra superior.

CARACTERÍSTICAS REGIONALES DE LAS VÉRTEBRAS

El papel funcional de la columna vertebral no es igual a lo largo de todo su recorrido, por lo que, la morfología de las vértebras va sufriendo modificaciones progresivas que se adaptan a las necesidades funcionales de cada zona de la columna vertebral. Tal como se ha señalado anteriormente, se distinguen en la columna vertebral una región cervical, una región torácica, una región lumbar y, finalmente, una región pélvica en la que las vértebras están muy modificadas dando lugar a dos piezas óseas independientes, el sacro y el cóccix.

Básicamente, las características regionales de las vértebras dependen de los siguientes factores:

1. El peso que tienen que soportar las vértebras es mayor cuanto más bajo es el lugar que ocupan en la columna. Por esta razón, el cuerpo vertebral es mayor cuanto más baja es la posición de la vértebra. Este hecho es cierto hasta alcanzar la parte superior del sacro; en este punto tiene lugar la transmisión de la carga que soporta la columna hacia las extremidades inferiores y, por tanto, la zona correspondiente a los cuerpos vertebrales se reduce bruscamente en la parte baja del sacro y en el cóccix.
2. La movilidad de la columna no es uniforme a lo largo de toda su extensión. Las regiones cervical y lumbar son las que presentan más movilidad, mientras que la movilidad es mínima en la región torácica y prácticamente inexistente a nivel pévico.
3. A nivel torácico, asociadas a la columna vertebral, se disponen las costillas, que van a formar parte del esqueleto del tórax. Por ello, en esta región las vértebras presentan superficies articulares costales de unión con las costillas. Aunque no existen costillas independientes en las otras regiones de la columna vertebral, en el desarrollo se forman esbozos de costillas asociados a todas las vértebras que, en lugar de diferenciarse en piezas esqueléticas individuales como ocurre en el tórax, permanece en forma rudimentaria como una apófisis ósea (**apófisis costiforme**) íntimamente asociada a las apófisis transversas. El desarrollo relativo de las apófisis costiformes y transversas varía en los segmentos cervical, lumbar y sacro, lo que determina también importantes diferencias morfológicas entre estos segmentos vertebrales.

Por todas estas razones, las vértebras de las diferentes regiones presentan los siguientes rasgos anatómicos:

Vértebras cervicales (Fig. 5-3)

Cuerpo vertebral. Es poco voluminoso y alargado en sentido transversal (su eje transversal es mayor que el anteroposterior). A diferencia de otras regiones de la columna, los cuerpos de las vértebras cervicales presentan una articulación sinovial a cada lado de su cuerpo, por lo que, al estudiar las vértebras aisladas, se puede reconocer la presencia de unas eminencias articulares, **apófisis unciformes** (*apófisis semilunares*), que hacen relieve a lo largo del margen lateral de la cara superior del cuerpo y una pequeña depresión lisa en los márgenes laterales de la cara inferior de los cuerpos que se acopla a las apófisis unciformes de la vértebra subyacente.

Pedículos. Son cortos y, como característica no presente en otras regiones, su cara externa contribuye a delimitar el contorno del agujero transversario (véase Apófisis transversas).

Láminas. Son aplanadas, de forma rectangular, y en ellas predomina el eje transversal sobre el cráneo-caudal (son más

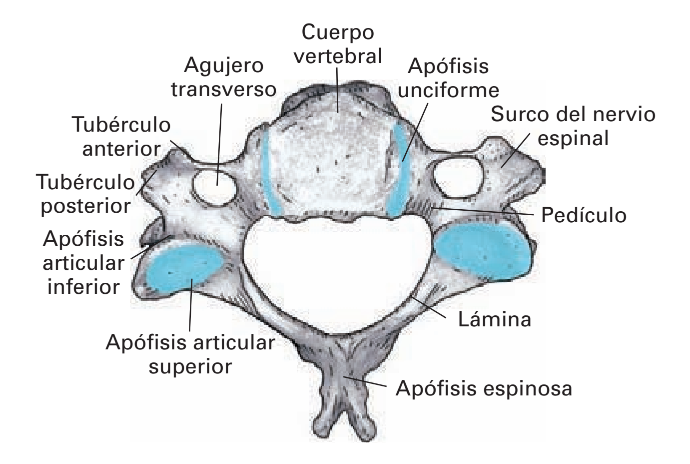


Figura 5-3. Visión superior de una vértebra cervical.

anchas que altas). La orientación de sus superficies es oblicua a modo de las tejas de un tejado (la cara posterior mira hacia atrás y hacia arriba, y la anterior de forma opuesta).

Agujero vertebral. Tiene forma triangular.

Apófisis transversas. Tienen una disposición horizontal y ocupan una posición muy anterior, por delante de las apófisis articulares. Poseen dos raíces independientes de origen: una parte del cuerpo vertebral, por fuera de la implantación del pedículo, y la otra, del límite entre pedículo y lámina. Las dos raíces confluyen en una apófisis única que, sin embargo, en su terminación está nuevamente bifurcada, presentando un **tubérculo anterior** y un **tubérculo posterior**. Entre las dos raíces de origen y el pedículo de la vértebra se delimita un orificio, el **agujero transversario** (lugar de paso de los vasos y nervios vertebrales). La razón de esta forma de las apófisis transversas cervicales es que embriológicamente corresponden a la fusión de una verdadera apófisis transversa (raíz posterior y tubérculo posterior) y de una costilla rudimentaria (raíz anterior y tubérculo anterior).

Apófisis espinosa. Tiene una disposición horizontal y termina de forma bituberculada.

Apófisis articulares. Presentan carillas articulares planas, orientadas oblicuamente. La superficie articular superior mira hacia atrás arriba y ligeramente hacia adentro. La superficie articular inferior tiene una disposición opuesta (mira hacia delante y hacia abajo).

Vértebras torácicas (Fig. 5-4)

Cuerpo vertebral. Es de forma cúbica y tiene un volumen intermedio entre las cervicales y las lumbares. En los extremos superior en inferior de su cara lateral se encuentran unas facetas articulares planas, **fositas costales**, para la cabeza de las costillas vecinas (cada costilla queda dispuesta a modo de cuña entre dos cuerpos vertebrales).

Pedículos. Arrancan de la parte superior de los cuerpos vertebrales y su borde inferior está muy escotado.

Láminas. Tienen forma cuadrilátera (igual de anchas que de altas) y la orientación de sus caras es muy vertical.

Agujero vertebral. Tiene forma oval.

Apófisis transversas. Se dirigen hacia afuera y hacia atrás y en su extremo tienen una superficie articular (**fosita costal**) para el tubérculo costal de las costillas.

Apófisis espinosa. Son prominentes y se disponen muy oblicuas hacia atrás y hacia abajo.

Apófisis articulares. Las superiores son más voluminosas que las inferiores (estas están reducidas casi exclusivamente a una carilla articular). Sus carillas articulares son planas y muy verticales; las superiores miran hacia atrás y ligeramente hacia afuera, y las inferiores tienen una orientación opuesta.

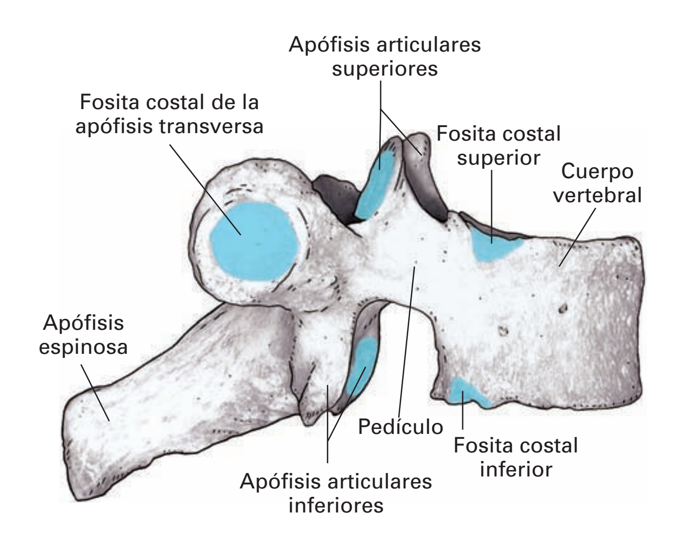


Figura 5-4. Visión lateral de una vértebra torácica.

Vértebras lumbares (Fig. 5-5)

Cuerpo vertebral. Es muy voluminoso y tiene forma arriñonada.

Pedículos. Emergen de la parte superior de los cuerpos vertebrales y se dirigen hacia atrás. Su borde inferior es muy escotado.

Láminas. Son más altas que anchas. Se orientan oblicuamente, de forma que su cara posterior mira hacia atrás y hacia arriba.

Agujero vertebral. Es relativamente pequeño (a partir de la segunda vértebra lumbar se agota la médula espinal y en el conducto vertebral únicamente se alojan las raíces de los nervios más caudales) y tiene forma triangular.

Apófisis transversas. Son muy prominentes. Se denominan también **apófisis costiformes** ya que embriológicamente corresponden al esbozo de una costilla que queda adosado a la vértebra.

La verdadera apófisis transversa (desde el punto de vista embriológico) es muy rudimentaria y está representada por un pequeño tubérculo dispuesto en la cara posterior de la zona de implantación de la apófisis costiforme, denominado **tubérculo accesorio**. Por encima del tubérculo accesorio y en la proximidad de la raíz de la apófisis articular superior, aparece una prominencia ósea denominada **tubérculo mamilar**, causada por inserciones musculares.

Apófisis espinosa. Tiene forma cuadrilátera y se dirige horizontalmente hacia atrás.

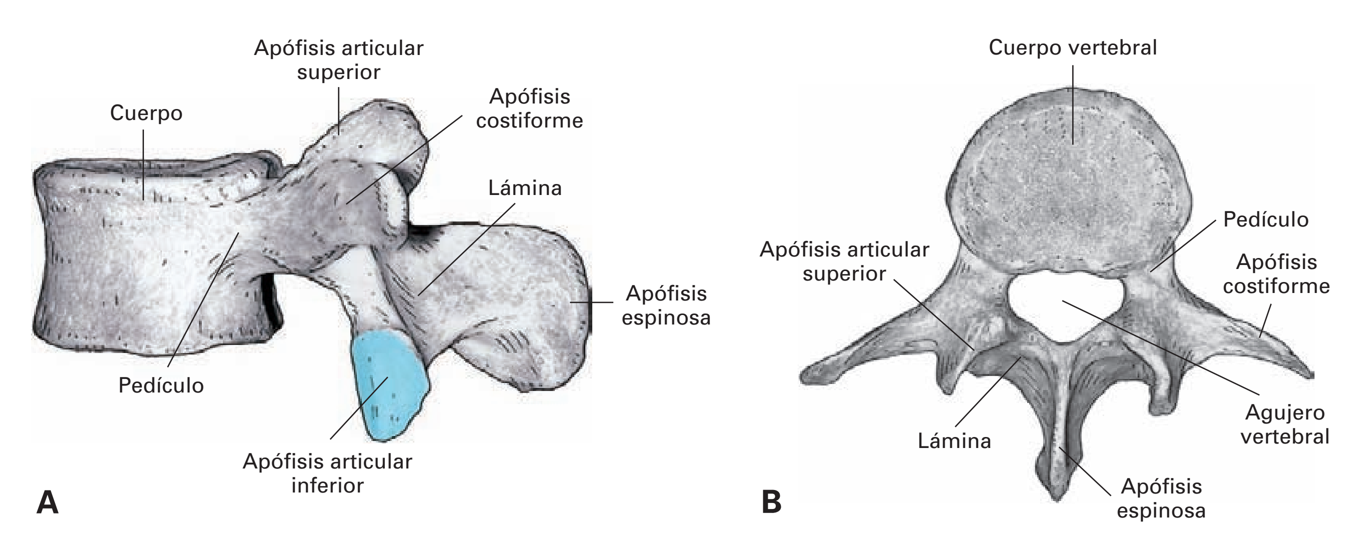


Figura 5-5. Visión lateral (A) y superior (B) de una vértebra lumbar.

Apófisis articulares. Son voluminosas y presentan una carilla articular curvada a modo de segmento de cilindro. En las superiores, la carilla articular es cóncava (segmento de cilindro hueco) y mira hacia atrás y hacia adentro; en las inferiores, la carilla articular es convexa (segmento de cilindro macizo) y mira en sentido opuesto (hacia adelante y afuera).

Segmento pélvico

A este nivel las vértebras están muy modificadas formando dos piezas óseas independientes, el **sacro**, que es el resultado de la fusión de cinco vértebras sacras, y el **cóccix**, que es una pieza rudimentaria formada por la fusión de 3 a 5 vértebras coccígeas, que se describirán dentro del apartado de vértebras con rasgos individuales.

La razón de estas grandes modificaciones es que en los humanos, al mantener una actitud erecta, a nivel del sacro se transmite el peso hacia las extremidades inferiores, por lo que las vértebras se especializan en esta función y adquieren el papel adicional de pared ósea para formar la pelvis. El cóccix representa el rudimento vertebral de la cola presente en otros vertebrados.

VÉRTEBRAS CON RASGOS MORFOLÓGICOS INDIVIDUALES

A pesar de que en los apartados anteriores hemos realizado una descripción detallada de los rasgos comunes, generales y regionales de las vértebras, hay que señalar que no existen dos vértebras iguales. La morfología de las vértebras va variando gradualmente a lo largo de la columna vertebral, de igual modo que varía la función de las vértebras (el cuerpo de las primeras vértebras torácicas es poco voluminoso y se parece algo al cuerpo de las vértebras cervicales, ya que como éstas posee una carga relativamente baja, mientras que el cuerpo de las últimas vértebras torácicas es mucho más parecido al de las vértebras lumbares, puesto que al ocupar una posición más baja en la columna, la carga que tienen que soportar se ha ido incrementando y no es muy diferente de la de las primeras vértebras lumbares). Sin embargo, independientemente de estas diferencias graduales en la morfología de las vértebras, existen vértebras que, por desempeñar funciones específicas (por ejemplo, establecer la unión a la cabeza) o por presentar rasgos que les confieren interés clínico, deben estudiarse de forma individual. Agruparemos su descripción por segmentos de la columna.

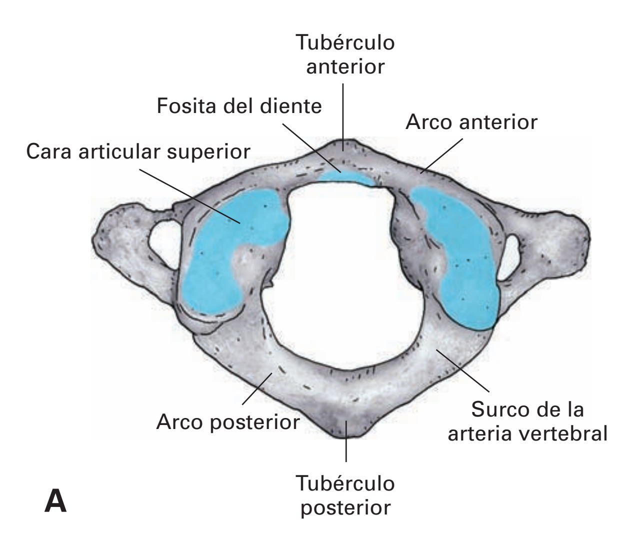
Segmento cervical

En el segmento cervical, las dos primeras vértebras, denominadas atlas y axis, establecen la articulación entre la columna vertebral y la cabeza, y su morfología está muy desviada de lo que hemos descrito como vértebra tipo. Por otro lado, las dos últimas vértebras de este segmento (6.ª y 7.ª) presentan algunos rasgos individuales de menor interés.

Atlas (1.ª vértebra cervical; Fig. 5-6)

Está situada por debajo de la cabeza, sustentándola, de donde le viene el nombre de atlas[2]. El atlas no posee cuerpo vertebral y está formado por dos **arcos**, uno anterior y otro posterior, que se unen a ambos lados por una porción ósea más robusta, las **masas laterales**. Entre los arcos y las

[2] Atlas o Atlante es un gigante mitológico castigado por Júpiter a sostener sobre sus hombros la bóveda de los cielos por no dar hospedaje a Perseo.



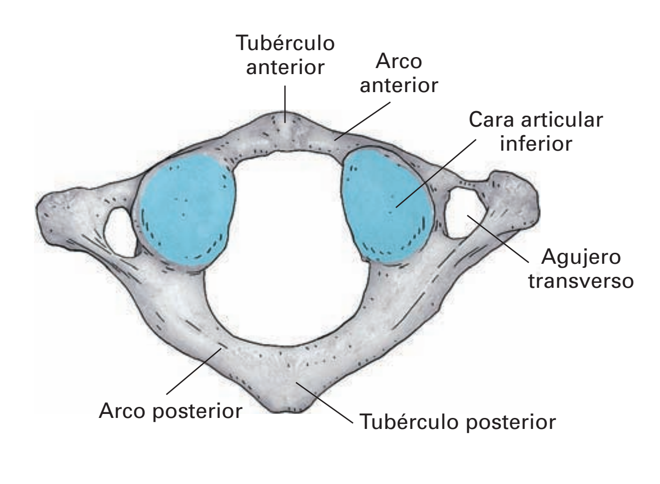


Figura 5-6. Visión superior (A) e inferior (B) del atlas.

masas laterales se delimita un gran orificio. Solamente la parte posterior de este orifico constituye el agujero vertebral, ya que la parte anterior está ocupada por un relieve óseo del axis (el diente) que se articula con la cara posterior del arco anterior.

Masas laterales. Tienen forma cúbica con 6 caras: en la *cara superior* poseen una **carilla articular superior** (*cavidad glenoidea)* para los cóndilos del occipital, que tiene una superficie excavada y una forma alargada (a modo de la huella de un zapato), disponiéndose con una orientación oblicua de delante atrás y de dentro afuera; en la *cara inferior* poseen un superficie articular, **carilla articular inferior**, casi plana para el axis; en la *cara externa* presentan el origen de una apófisis transversa pequeña, pero similar a la de la vértebras cervicales; en la *cara interna* poseen un tubérculo donde se inserta el ligamento transverso de la articulación atlantoaxoidea media; las *caras anterior* y *posterior* se corresponden, respectivamente, con la zona de implantación del arco anterior y del arco posterior.

Arco anterior. Es un arco óseo que se extiende entre las masas laterales. Está aplanado de delante atrás, por lo que presenta dos caras (anterior y posterior) y dos bordes (superior e inferior). En la zona media de la cara anterior se dispone el **tubérculo anterior del atlas**. En la zona media de la cara posterior presenta una superficie articular cóncava (**fosita del diente**) para la cara anterior del diente del axis.

Arco posterior. Delimita por detrás el agujero vertebral extendiéndose entre las caras posteriores de las masas laterales. Su borde superior presenta un huella muy marcada, el **surco de la arteria vertebral**, que es utilizado por este vaso para alcanzar el conducto vertebral y penetrar en el cráneo. En la parte media de su cara posterior presenta el **tubérculo posterior del atlas**, que representa una apófisis espinosa rudimentaria.

El atlas puede presentar algunas variaciones en sus rasgos morfológicos de menor interés, tales como la carilla articular superior (cavidad glenoidea) dividida en dos partes por un surco, o un puente óseo sobre el surco de la arteria vertebral que lo transforma en un túnel.

Axis (2.ª vértebra cervical; Fig. 5-7)

Es una vértebra muy robusta (recibe a través del atlas el peso de la cabeza). Se denomina axis porque constituye el eje de los movimientos de rotación de la cabeza. Posee muchas de las características de las vértebras cervicales y su rasgo más específico es que de la cara superior de su cuerpo vertebral parte hacia arriba una apófisis ósea ascendente, **diente del axis** (**apófisis odontoides**), que representa el cuerpo del atlas que se ha soldado al axis. Inmediatamente por encima de su zona de implantación, el diente es cilíndrico y estrecho (**cuello del diente**), luego se ensancha y forma el **cuerpo**, que presenta una cara anterior con una carilla articular para el arco posterior del atlas, y una cara posterior con una carilla articular para el ligamento transverso. La parte más superior del diente está afilada y se denomina **vértice del diente** (*apex dentis*).

Los demás detalles anatómicos del axis son sensiblemente iguales a los de las vértebras cervicales, con la excepción de las apófisis articulares superiores que se articulan con la cara inferior de las masas laterales del atlas. Estas carillas se sitúan a modo de «hombreras» a los lados del diente, del que están separadas por un surco.

Otros detalles anatómicos de menor interés, específicos del axis, son la presencia de apófisis transversas pequeñas y monotuberculadas y un pequeño saliente triangular en la cara anterior del cuerpo vertebral. Además, en ocasiones, el vértice del diente presenta una carilla articular que se une a una carilla articular, inconstante, del borde anterior de agujero occipital (tercer cóndilo del occipital).

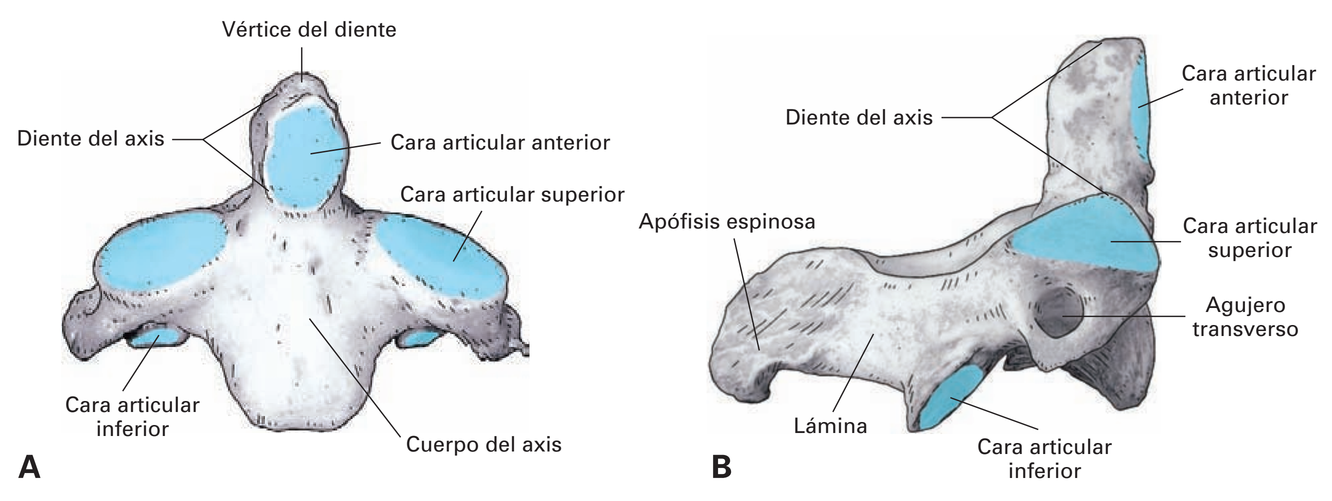


Figura 5-7. Visión anterior (A) y lateral (B) del axis.

6.ª vértebra cervical. Se caracteriza porque el tubérculo anterior de su apófisis transversa es muy prominente. Recibe el nombre de **tubérculo carotídeo** por relacionarse con la arteria carótida y constituir un punto donde esta arteria puede ser inmovilizada y comprimida por el cirujano.

7.ª vértebra cervical. Se denomina también **vértebra prominente** ya que posee una apófisis espinosa larga y saliente que puede ser fácilmente identificada en el extremo inferior de la nuca por inspección y palpación. Sus rasgos anatómicos son intermedios entre las vértebras cervicales y las torácicas (puede carecer de agujero transversal, y puede presentar una hemicarilla articular en el cuerpo para la cabeza de la primera costilla).

Segmento torácico

La presencia de rasgos individuales en estas vértebras se debe a dos motivos: por un lado, las vértebras de ambos extremos de este segmento presentan rasgos de transición con las vértebras cervicales y con las vértebras lumbares; y, por otro, la disposición de las superficies articulares para las costillas muestra variaciones debidas a diferencias en la movilidad costal en los diferentes niveles del tórax.

1.ª vértebra torácica. Presenta rasgos de transición con las vértebras cervicales, y en la cara lateral del cuerpo posee una única superficie articular completa para la cabeza de la primera costilla.

10.ª vértebra torácica. La cara lateral del cuerpo posee una sola carilla articular para la cabeza de la 10.ª costilla; por lo demás, sus rasgos comienzan a parecerse a los de las vértebras lumbares.

11.ª vértebra torácica. El cuerpo presenta una sola carilla articular para la cabeza de la 11.ª costilla, y su apófisis transversa carece de carilla articular para el tubérculo de la costilla.

12.ª vértebra torácica. Sólo presenta una carilla articular par la cabeza de la 12.ª costilla, que además se dispone en una posición posterior, en la zona de origen del pedículo. La apófisis transversa carece de carilla articular para el tubérculo de la costilla. Las apófisis articulares inferiores son muy similares a las de las vértebras lumbares.

Segmento lumbar

Solamente las vértebras de sus extremos presentan rasgos individuales. La 1.ª vértebra lumbar tiene una apófisis costiforme más pequeña que el resto de las vértebras lumbares. La 5.ª vértebra lumbar posee un cuerpo en forma de cuña, que es más alto por su parte anterior que por la posterior, lo que condiciona la formación de un curvatura en la zona de unión entre el segmento lumbar y el sacro.

Segmento pélvico

Sacro[3] (Figs. 5-8 a 5-10)

Resulta de la fusión de cinco vértebras sacras en una pieza ósea única a modo de cuña atravesada por un conducto, *conducto sacro*, que constituye la parte más inferior del conducto vertebral y que resulta de la unión de los agujeros vertebrales. Se dispone a continuación del segmento lumbar de la columna, anclado entre los huesos coxales, con los que establece las articulaciones sacroíliacas. Su función como constituyente de la columna vertebral es la de transmitir el peso del tronco hacia las extremidades inferiores y además desempeña un importante papel topográfico formando parte de la pared posterior de la cavidad pélvica. La forma de cuña del sacro se debe a que el

[3] Sacro procede del latín = sagrado, que a su vez es una traducción incorrecta del término griego *hieros* que significa sagrado, y, también, grande, que hubiese sido la traducción adecuada.

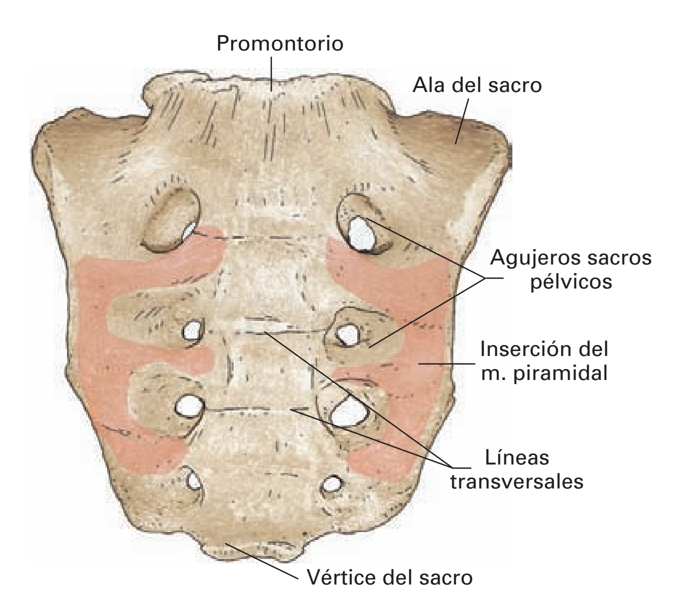


Figura 5-8. Visión anterior del sacro (cara pélvica).

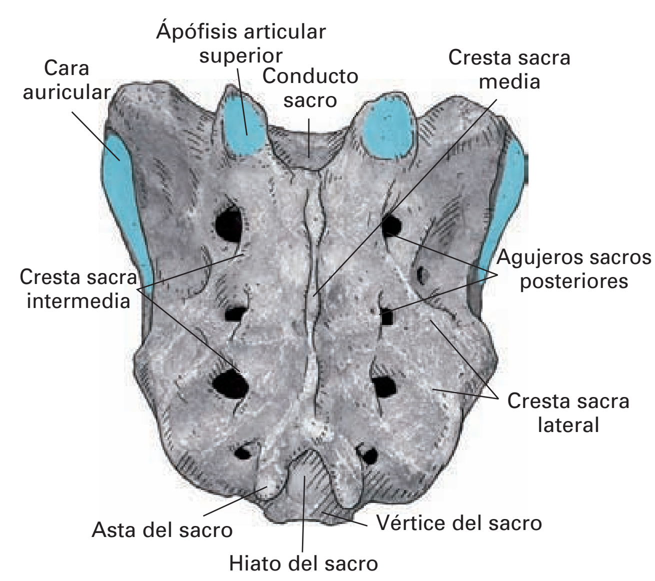


Figura 5-9. Visión posterior del sacro (cara dorsal).

tamaño de las vértebras sacras se reduce una vez que la carga soportada es transmitida hacia las extremidades. En el recién nacido las vértebras sacras están individualizadas, pero pronto se sueldan para formar una pieza ósea única.

Tiene forma de pirámide cuadrangular aplastada de delante hacia atrás, en la que se pueden describir 4 caras, una base superior y un vértice inferior. Su orientación es oblicua hacia abajo y hacia atrás formando un ángulo abierto hacia atrás con la columna lumbar.

Cara pélvica (Fig. 5-8). Está orientada hacia delante y hacia abajo y es cóncava tanto en sentido transversal como longitudinal. La zona media corresponde a la fusión de los cuerpos vertebrales separados por cuatro crestas transversales, **líneas transversales**, que marcan la zona de unión intervertebral. En los extremos laterales de estas crestas se sitúan los **agujeros sacros pélvicos** (*agujeros sacros anteriores*), que representan los agujeros intervertebrales y permiten el paso de las ramas anteriores de los nervios sacros. Cada uno de los agujeros sacros se prolonga lateralmente por un surco dirigido hacia el margen lateral del sacro.

Cara dorsal (Fig. 5-9). Es muy rugosa debido a la presencia de relieves óseos causados por la fusión de las apófisis y elementos del arco vertebral de las vértebras sacras.

En la línea media se dispone una gran cresta vertical, **cresta sacra media**, que resulta de la fusión de la apófisis espinosas. En la parte más baja del sacro, la cresta sacra se bifurca formando las **astas del sacro** que delimitan la abertura inferior del conducto sacro, **hiato del sacro** (*escotadura sacra*). A cada lado de la cresta sacra se dispone una zona deprimida, *canales sacros*, resultado de la fusión de las láminas vertebrales. Lateralmente a los canales sacros, se sitúan unos relieves óseos, la **cresta sacra intermedia** (*tubérculos sacros póstero-internos*), resultado de la fusión de las apófisis articulares; más lateralmente aparecen los **agujeros sacros posteriores**, que comunican con el conducto sacro y dan paso a las ramas dorsales de los nervios sacros. Finalmente, en la parte más lateral de la cara posterior aparece la **cresta sacra lateral** (*tubérculos sacros posterolaterales* o *tubérculos conjugados*), que resulta de la fusión de las apófisis transversas.

Caras laterales (Fig. 5-10). Son triangulares de base superior. En su parte alta aparece una superficie articular para el hueso coxal denominada **superficie auricular** porque su forma recuerda a un pabellón auricular. Por detrás de la superficie auricular aparece una zona rugosa (**tuberosidad sacra**) de inserción de ligamentos de la articulación sacroilíaca. Por debajo de la zona articular, la cara lateral del sacro se estrecha formando una cresta rugosa de inserción ligamentosa que separa la cara anterior de la posterior.

Base. Su morfología recuerda a la cara superior de una vértebra lumbar. En la parte media y anterior se sitúa una superficie ovalada que corresponde a la cara superior del cuerpo de la primera vértebra sacra. El margen anterior de esta superficie hace relieve hacia la pelvis formando el **promontorio** del sacro. Por detrás del cuerpo vertebral se sitúa el orificio superior del conducto sacro. Lateralmente, en la zona correspondiente a las apófisis transversas se dispone una amplia superficie ósea, las *alas del sacro*. Finalmente, en una posición lateral y posterior respecto al agujero sacro se disponen las *apófisis articulares superiores* de unión a la 5.ª vértebra lumbar.

Vértice. Está representado por una pequeña superficie oval que representa la cara inferior de un cuerpo vertebral muy reducido de tamaño.

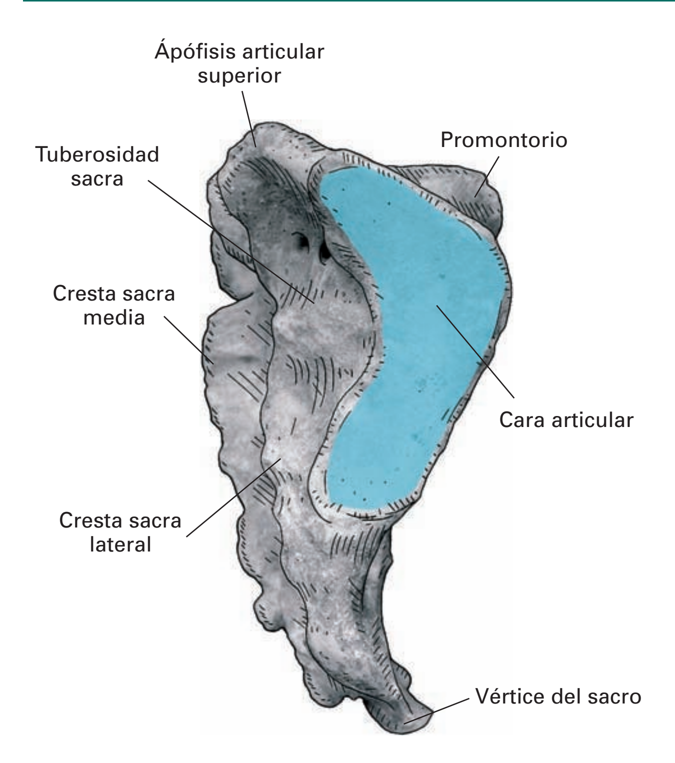


Figura 5-10. Visión lateral del sacro.

Cóccix[4] (Fig. 5-18B)

Es una pequeña pieza ósea triangular que resulta de la fusión de 3 a 5 vértebras coccígeas. En su extremo superior o base se puede reconocer la silueta de una vértebra muy rudimentaria con un pequeño cuerpo vertebral que se articula con el vértice del sacro, por detrás del cual parten hacia arriba dos apófisis, **astas del cóccix**, restos de las apófisis articulares que se unen a las astas del sacro, y, lateralmente, unas prolongaciones óseas laterales (*astas laterales del cóccix*) que representan las apófisis transversas. Por debajo de esta primera vértebra, se disponen fusionados o unidos por tejido fibroso 3 ó 4 nódulos óseos, vestigio de otras tantas vértebras coccígeas.

ARTICULACIONES INTERVERTEBRALES

Las vértebras están unidas entre sí por medio de diferentes ligamentos y por articulaciones que se establecen a nivel de sus cuerpos y entre las apófisis articulares. La función en conjunto de estas articulaciones es conferir flexibilidad y elasticidad a la columna vertebral y permitir la movilidad del tronco y el cuello. Las articulaciones entre el atlas y el axis se estudiarán de forma individualizada en el siguiente capítulo, ya que junto con la articulación atlanto-occipital, forman un complejo articular que está al servicio de la movilidad de la cabeza.

[4] Cóccix del griego *kokkyx* = cuco. Por su semejanza al pico de este ave.

Articulaciones de los cuerpos vertebrales

Desde el punto de vista estructural pertenecen al grupo de las anfiartrosis. Las superficies articulares son las caras superior e inferior de las vértebras y entre ellas se interponen los **discos intervertebrales**.

Superficies articulares. La zona del cuerpo vertebral en contacto con el disco está formada por una superficie central de tejido óseo esponjoso delimitada periféricamente por un reborde de tejido óseo compacto, que representa un núcleo de osificación secundario de las vértebras (*epífisis anular del cuerpo vertebral*). La zona central está revestida de cartílago hialino, mientras que el reborde carece de él. Esta placa de cartílago evita la atrofia por presión de los cuerpos vertebrales y es esencial para la supervivencia del disco, ya que hace de membrana semipermeable que facilita el paso de oxígeno y nutrientes desde el cuerpo vertebral hasta el disco intervertebral.

Discos intervertebrales (véanse Figs. 5-11 y 5-12). Son unas masas fibrosas con forma de lente biconvexa dispuestas entre los cuerpos vertebrales. Dado que no existen entre las vértebras sacras ni entre el atlas y el axis, su número es de 23 y en conjunto suponen la quinta parte del tamaño de la columna. Su altura varía a lo largo de la columna dependiendo de la movilidad de los diferentes segmentos vertebrales y de la carga que reciben los cuerpos vertebrales. Es mínima entre la 3.ª y 7.ª vértebra torácica, y máxima a nivel de las vértebras lumbares, donde llegan a alcanzar una altura de 1 a 2 centímetros. El grosor de los discos no es uniforme. En los segmentos cervical y lumbar están engrosados en su parte anterior y contribuyen a establecer

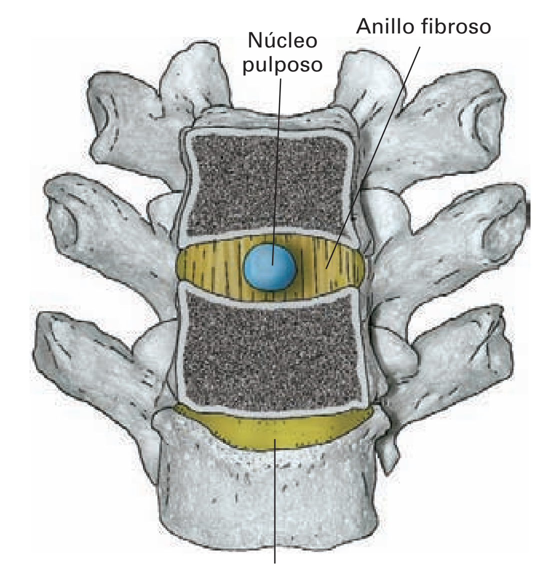


Figura 5-11. Visión anterior esquemática de la unión entre los cuerpos vertebrales. Los dos cuerpos vertebrales superiores han sido seccionados frontalmente para poner de manifiesto la estructura del disco intervertebral.

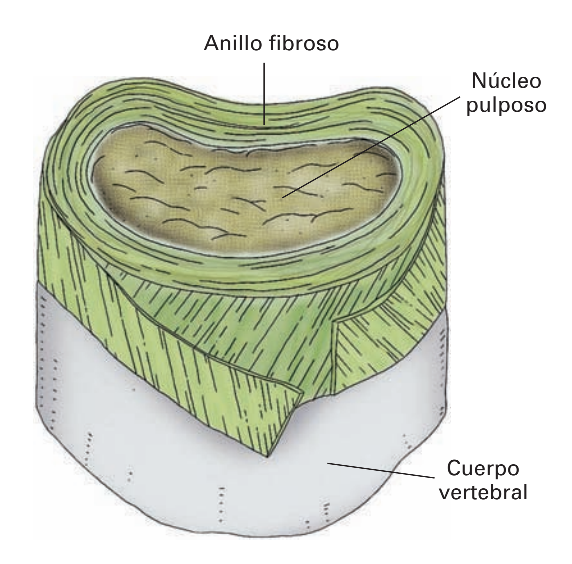


Figura 5-12. Representación esquemática del disco intervertebral. La lámina más superficial del anillo fibroso ha sido seccionada.

las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral. Cada disco intervertebral consta de un **anillo fibroso** y de un **núcleo pulposo**.

El **anillo fibroso** es un verdadero ligamento interóseo de forma anular y está formado por un número variable de láminas concéntricas de fibrocartílago que se extienden entre los cuerpos vertebrales. Contiene una gran cantidad de fibras colágenas y también, en menor medida, fibras elásticas. Las fibras colágenas están ancladas por sus extremos en el espesor de las placas cartilaginosas que revisten las superficies del cuerpo vertebral y en la superficie ósea que se dispone periféricamente al cartílago, y discurren de forma oblicua por las láminas del anillo fibroso. La dirección de las fibras es similar en cada laminilla y tienen una dirección opuesta en las sucesivas láminas del mismo anillo. Además, la oblicuidad de las fibras de cada disco es tanto mayor cuanto mayor es la carga que recibe y cuanto mayor es la movilidad del segmento vertebral. En los sujetos jóvenes, el anillo fibroso posee una gran elasticidad, pero ésta se va reduciendo en el curso de la vida.

El **núcleo pulposo** es una masa gelatinosa derivada de la notocorda embrionaria, rica en colágeno y proteoglicanos, que está contenida dentro del anillo fibroso. El colágeno crea una malla tridimensional donde se localizan los proteoglicanos, los cuales forman un gel muy hidrófilo con capacidad de retener gran cantidad de agua.

Aunque tradicionalmente se describe y representa el núcleo pulposo como un ovoide, el examen en el vivo por medio de técnicas de análisis de imagen ha puesto de manifiesto que posee una forma rectangular en los jóvenes e irregular y multilobulada en los adultos. Ocupa una posición ligeramente desplazada hacia el plano posterior, especialmente a nivel lumbar. En los segmentos cervical y lumbar, que son los más móviles de la columna, constituye la mayor parte del disco intervertebral. En el segmento torácico, el tamaño del núcleo pulposo es menor. Su papel funcional es actuar a modo de cojinete elástico que se comprime, se deforma y se desplaza al ser sometido a presiones, recuperando posteriormente su forma y posición original. Los desplazamientos que realiza el núcleo pulposo durante el movimiento de la columna vertebral están limitados por el anillo fibroso.

Las características estructurales y físicas del núcleo van cambiando a lo largo de la vida como consecuencia de la carga mecánica que soporta y, en especial, de su escasa vascularización. En el joven es transparente, muy rico en agua, y posee gran elasticidad. En el anciano disminuye de tamaño y el gel de proteoglicanos es sustituido progresivamente por fibrocartílago, adoptando entonces un aspecto amarillento que se acompaña de un menor contenido de agua y de pérdida de elasticidad.

La cantidad de agua que retienen los discos intervertebrales y, por tanto, su tamaño se reduce ligeramente con la actividad y se restablece con el reposo, lo que da lugar a una pequeña disminución de la talla (1 cm) en las últimas horas del día, que se recupera tras el sueño. La reducción de agua del disco intervertebral que ocurre con la edad también explica la disminución de estatura que tiene lugar en los adultos.

En la actualidad, el disco intervertebral está considerado como una estructura dinámica cuyas propiedades estructurales son esenciales para mantener su papel funcional. El núcleo pulposo, regulado por factores mecánicos y hormonales, se renueva y crece a expensas de las láminas profundas del anillo fibroso, el cual, a su vez, crece por incorporación de nuevas láminas en su superficie. Esta permanente renovación del disco incluye el remodelado de la matriz extracelular, manteniendo un balance crítico entre sus componentes moleculares (*colágenos tipos I* y *II*, *fibronectina*). En el envejecimiento se produce una disminución por muerte celular (*apoptosis*) de las células del núcleo pulposo, que se acompaña de un cambio importante en la composición de la matriz extracelular debido a la producción anormal de algunos componentes (*colágeno I* y *X*) y a un incremento de la degradación de la matriz extracelular por liberación de enzimas proteolíticos. Las consecuencias de estos cambios son un disco frágil que con frecuencia sufre hernias.

Hernias discales

Cuando el anillo fibroso pierde elasticidad, o cuando la presión que desarrolla el núcleo pulposo aumenta anormalmente por un exceso de carga, se pueden producir *hernias discales*, en las que el núcleo pulposo es proyectado hacia la superficie del disco intervertebral. En la mayor parte de los casos, las hernias discales se proyectan hacia atrás y hacia fuera, comprimiendo los nervios espinales que discurren por los agujeros intervertebrales, provocando dolor o alteraciones motoras en el territorio de distribución del nervio. Las hernias discales son mucho más frecuentes en los discos lum-

bares cuarto y quinto, que son los que soportan una mayor carga mecánica.

Muchas hernias de disco son consecuencia de alteraciones metabólicas locales debidas a alteraciones genéticas. Este hecho determina que se esté intentando poner a punto técnicas para recuperar discos anormales, mediante genoterapia o por aplicación de células madre, que sustituyan a la amputación quirúrgica del disco, ya que hasta la fecha no existen prótesis eficaces de disco intervertebral.

Vascularización. El disco intervertebral, durante el período fetal y en las primeras etapas de la vida posnatal, se nutre por vasos que lo abordan desde su superficie, y desde las caras de los cuerpos vertebrales que lo limitan. Sin embargo, cuando se completa la osificación de las vértebras, los vasos de los cuerpos vertebrales quedan limitados por la placa cartilaginosa que los recubre agotándose en las primeras láminas del anillo fibroso. Debido a estos hechos, el núcleo pulposo del adulto constituye la mayor estructura anatómica del organismo carente de vascularización cuya supervivencia depende en gran medida de la difusión de plasma sanguíneo desde vasos que van quedando progresivamente más alejados. Esta vascularización precaria del disco intervertebral explica los cambios degenerativos que tienen lugar en las edades avanzadas y que afectan no sólo al ser humano, sino también a los vertebrados cuadrúpedos.

Inervación. El núcleo pulposo de los discos intervertebrales y las láminas más internas del anillo fibroso carecen de inervación en las personas sanas. Sin embargo, las láminas más superficiales del anillo fibroso poseen terminaciones nerviosas de fibras aferentes. Estas terminaciones nerviosas proceden de neuronas de los ganglios espinales próximos.

Las fibras de mayor calibre terminan formando receptores encapsulados (corpúsculos de Pacini, Meissner y Ruffini) que se disponen preferentemente en las caras anterior y laterales del disco intervertebral, en la proximidad de los cuerpos vertebrales. Desde el punto de vista funcional, actúan como fibras propioceptivas que informan sobre el grado de tensión y presión al que está sometido el disco e intervienen en reflejos que regulan la contracción de los músculos de los canales vertebrales. Las fibras de menor calibre se distribuyen de forma más amplia por las láminas externas en todo el contorno del disco e incluyen fibras inmunorreactivas para la *sustancia P*, para el péptido relacionado con el gen de la *calcitonina* y para el *péptido intestinal vasoactivo* (VIP). Desde el punto de vista funcional, estas fibras parecen desempeñar una doble función, recogiendo información dolorosa y ejerciendo una acción trófica sobre los tejidos del disco, que puede tener una considerable importancia para reparar discos dañados.

Los discos intervertebrales poseen además algunas terminaciones vegetativas procedentes de los ramos comunicantes grises vecinos, cuyos neurotransmisores parecen ser el *neuropéptido Y* y la *tirosina hidroxilasa*. La disposición de estas fibras también está restringida a las capas superficiales del anillo fibroso.

Articulaciones uncovertebrales

En el segmento cervical de la columna de los adultos, los cuerpos vertebrales, además de estar unidos por discos intervertebrales, presentan a cada lado del cuerpo una pequeña articulación entre las apófisis unciformes y los márgenes laterales e inferiores de la vértebra suprayacente. A pesar de que estas articulaciones se describen como rasgos normales de la columna cervical, en los jóvenes las apófisis unciformes no llegan a contactar con el cuerpo vertebral y la articulación no se forma hasta que las vértebras se aproximan entre sí como consecuencia de la involución de los discos intervertebrales que tiene lugar a lo largo de la vida.

Articulaciones de las apófisis articulares (Fig. 5-13)

Las apófisis articulares establecen la unión entre los arcos vertebrales por medio de pequeñas articulaciones sinoviales. La forma y la orientación de las carillas articulares, se han descrito a propósito del estudio de las vértebras. A nivel de los segmentos cervical y torácico forman articulaciones planas (artrodias), mientras que a nivel lumbar, pertenecen al grupo de las trocoides, debido a la curvatura de las superficies articulares de este segmento vertebral. Desde el punto de vista funcional, estas articulaciones son las que determinan los grados de movilidad entre las diferentes vértebras.

A pesar de su pequeño tamaño, estas articulaciones disponen de todos los componentes de las articulaciones sinoviales: superficies articulares revestidas de cartílago, cápsula fibrosa que se inserta muy próxima al contorno de las superficies articulares y membrana sinovial que reviste el interior de la cápsula fibrosa. Las cápsulas fibrosas son particularmente laxas a nivel cervical con el fin de facilitar el deslizamiento de las superficies articulares. A nivel dorsal y lumbar, las cápsulas fibrosas son más resistentes y presentan un pequeño fascículo de refuerzo en su superficie posteroexterna.

Articulación sacrococcígea

El vértice del sacro y la base del cóccix establecen, en la edad juvenil, una anfiartrosis por medio de un **ligamento interóseo** constituido por tejido fibrocartilaginoso. Sin embargo, el tamaño del ligamento interóseo se va reduciendo con la edad, y en la vejez las dos piezas óseas terminan casi siempre por fusionarse. Periféricamente a la articulación entre el sacro y el cóccix se disponen los **ligamentos sacrococcígeo anterior**, **sacrococcígeo posterior,** y **sacrococcígeo lateral**.

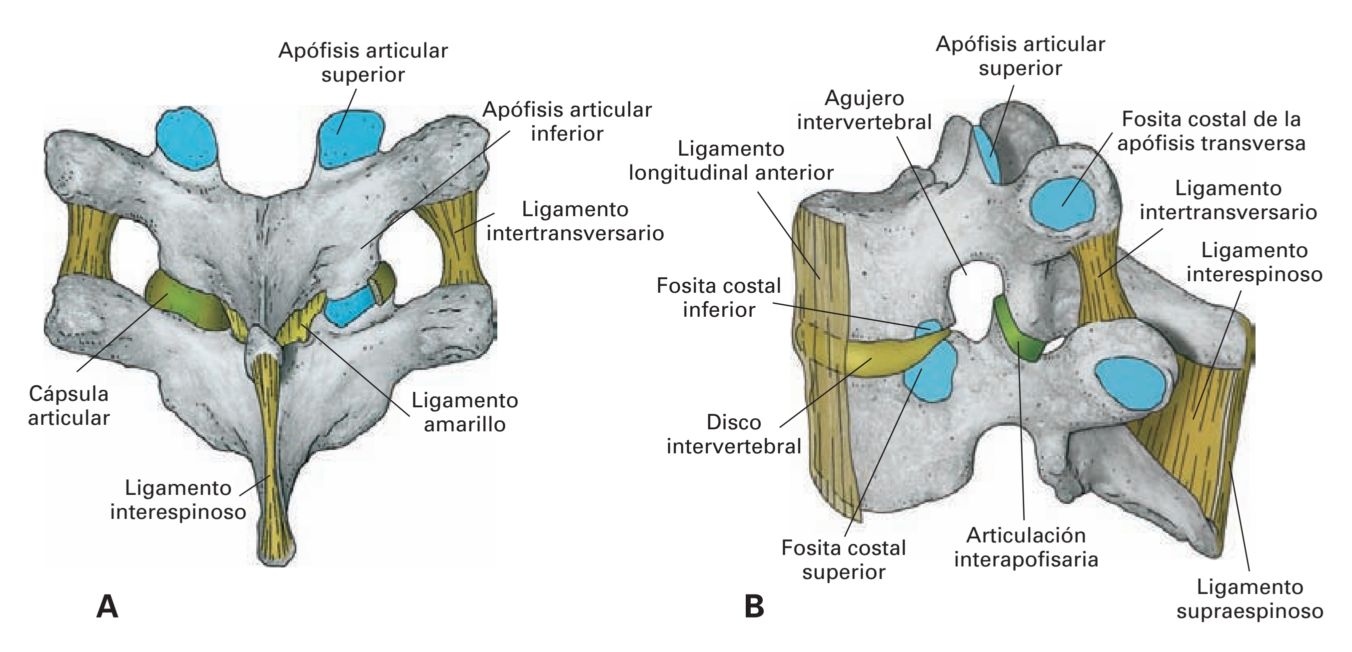


Figura 5-13. Visión posterior (A) y lateral (B) de las uniones entre las vértebras a nivel torácico.

Ligamentos de la columna vertebral (Figs. 5-13 y 5-14)

Además de las uniones articulares descritas antes, las vértebras se encuentran engarzadas por una serie de ligamentos que se extienden a lo largo de la columna vertebral entre las diferentes parte de las vértebras. Las funciones de estos ligamentos no se puede asociar de forma específica a las articulaciones entre los cuerpos o las apófisis articulares, sino que desempeñan un papel común contribuyendo a mantener la unión entre las vértebras. Además, la tensión de estos ligamentos es recogida mediante mecanorreceptores por los nervios sensitivos y aporta información al sistema nervioso sobre la situación funcional de la columna, necesaria para regular la acción de los músculos.

Ligamentos entre los cuerpos vertebrales

Los cuerpos vertebrales se encuentran unidos por los ligamentos longitudinales anterior y posterior.

El **ligamento longitudinal anterior** (*ligamento vertebral común anterior;* Figs. 5-13B y 5-14A) es una cinta fibrosa que recorre la cara anterior de los cuerpos y discos intervertebrales desde la apófisis basilar del occipital hasta la cara anterior de la segunda o tercera vértebra sacra. Es más estrecho en el segmento cervical de la columna vertebral, especialmente entre el occipital y el tubérculo anterior del atlas, donde adopta un aspecto de cordón. A nivel torácico, presenta una anchura máxima, de modo que cubre no sólo la cara anterior de las vértebras, sino también las caras laterales. A lo largo de su recorrido, las fibras que componen el ligamento se unen en la cara anterior de los discos intervertebrales y en la zona vecina de los cuerpos vertebrales. Las fibras más profundas tienen un recorrido corto uniendo vértebras vecinas, mientras que las más superficiales saltan entre varios cuerpos vertebrales.

El **ligamento longitudinal posterior** (*ligamento vertebral común posterior;* Fig. 5-14B) se sitúa en el interior del conducto vertebral adosado a la cara posterior de los cuerpos y discos intervertebrales. Se origina a nivel del reborde anterior del agujero magno del occipital y termina en la base del cóccix uniéndose a lo largo de su recorrido a los discos intervertebrales y en los márgenes de los cuerpos vertebrales. En el segmento cervical de la columna es más ancho, y a nivel de las articulaciones entre atlas y axis forma un gruesa lámina fibrosa, la **membrana tectoria**, que recubre por detrás al diente y a los ligamentos asociados a él. En los segmentos dorsal y lumbar es más estrecho y tiene un aspecto festoneado, de forma que se engruesa a nivel de los discos intervertebrales, donde se inserta y se estrecha a nivel de los cuerpos de las vértebras, de las que queda separado por un espacio en el que discurren vasos sanguíneos. Al igual que el ligamento longitudinal anterior, contiene fibras cortas que se extienden entre discos intervertebrales vecinos y fibras largas que saltan varios niveles vertebrales. Desde el punto de vista funcional, este ligamento refuerza la cara posterior de los discos intervertebrales y contribuye a evitar que se produzcan hernias del disco intervertebral hacia el conducto vertebral.

Ligamentos entre las láminas (Fig. 5-14C)

Las láminas vertebrales están unidas a las de la vértebra contigua por los **ligamentos amarillos**. Estos ligamentos

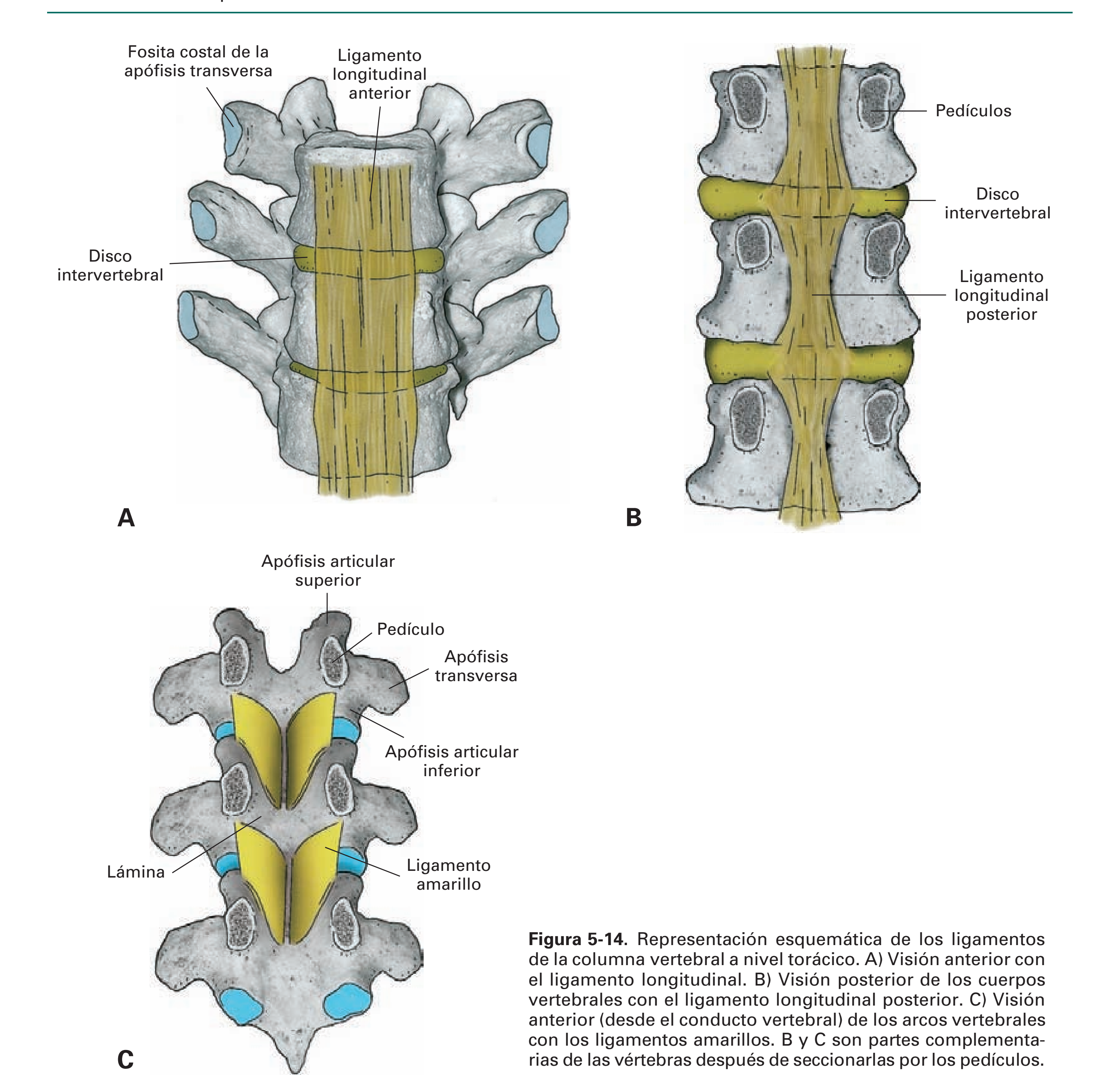


Figura 5-14. Representación esquemática de los ligamentos de la columna vertebral a nivel torácico. A) Visión anterior con el ligamento longitudinal. B) Visión posterior de los cuerpos vertebrales con el ligamento longitudinal posterior. C) Visión anterior (desde el conducto vertebral) de los arcos vertebrales con los ligamentos amarillos. B y C son partes complementarias de las vértebras después de seccionarlas por los pedículos.

(reciben su nombre por el aspecto amarillento causado por su riqueza en fibras elásticas) forman placas cuadrangulares que ocupan el espacio delimitado entre las láminas vertebrales. Por su margen superior se unen a la parte más baja de la cara anterior y borde inferior de una lámina, y por su margen inferior, se unen al borde superior de la lámina subyacente. Su borde externo está en contacto con las articulaciones entre apófisis articulares en la vecindad del límite posterior de los agujeros intervertebrales. El borde interno queda muy próximo al ligamento amarillo del lado opuesto, separado por una pequeña hendidura. Los ligamentos amarillos adquieren un máximo espesor en la región lumbar. Desde el punto de vista funcional, desempeñan un papel coordinado con los discos intervertebrales para restablecer la posición erecta tras una flexión de la columna vertebral.

La riqueza en fibras elásticas de los ligamentos amarillos evita que se deformen durante los movimientos de la columna. Sin embargo, en la edad avanzada se hacen más fibrosos y pierden elasticidad, por lo que pueden sufrir plegamientos hacia el interior del conducto vertebral causando compresiones nerviosas similares a las producidas por las hernias discales.

Ligamentos entre las apófisis espinosas
(Fig. 5-13)

Las apófisis espinosas de las vértebras están unidas a lo largo de la columna vertebral por los ligamentos interespinosos y supraespinosos. Los **ligamentos interespinosos** son láminas fibrosas que se extienden entre los bordes superior e inferior de las apófisis espinosas de vértebras vecinas. En general, están formados por un tejido fibroso bastante laxo, salvo a nivel lumbar, donde adquieren mayor consistencia. El **ligamento supraespinoso** es un cordón fibroso que recorre el extremo posterior de las vértebras anclándose en el vértice de las apófisis espinosas. A nivel cervical, se extiende hacia arriba y hacia atrás para unirse en el occipital a lo largo de la cresta occipital externa, formando una lámina fibrosa triangular, el **ligamento nucal** (*septo nucal*), que separa los músculos de lado derecho e izquierdo de la nuca. En los animales cuadrúpedos, el ligamento nucal está mucho más desarrollado que en el ser humano y forma una estructura muy elástica que contribuye a sostener la cabeza.

Ligamentos entre las apófisis transversas
(Fig. 5-13)

Al igual que las apófisis espinosas, los bordes superior e inferior de las apófisis transversas están unidos por **ligamentos intertransversarios**, que solamente adquieren un desarrollo significativo en la región lumbar.

Articulación lumbo-sacra

La articulación entre la 5.ª vértebra lumbar y el sacro posee características morfológicas y biomecánicas que la confieren propiedades singulares. Desde el punto de vista morfológico, es importante que la superficie superior del sacro está inclinada hacia adelante y abajo, formando un ángulo de unos 45°, que se compensa por la presencia de un disco intervertebral muy grueso y con forma de cuña. Sin embargo, la inclinación que se genera entre ambas vértebras, que causa una marcada angulación denominada **promontorio**, tendería a facilitar el deslizamiento hacia adelante de la columna lumbar respecto al sacro. Este posible efecto se evita, en parte, por la disposición de las carillas de las apófisis articulares superiores del sacro que, en lugar de estar orientadas medialmente como ocurre a nivel lumbar, lo hacen preferentemente hacia atrás sujetando de esta manera a las apófisis articulares inferiores de la 5.ª vértebra lumbar. Un segundo factor que se opone al mencionado deslizamiento es el **ligamento ilio-lumbar** (Fig. 5-59), que se extiende desde la apófisis transversa de la quinta lumbar a la cresta ilíaca.

ARTICULACIÓN CRANEOVERTEBRAL
(Figs. 5-15 a 5-17)

Con este nombre reuniremos las articulaciones entre el atlas y el occipital, así como las articulaciones entre atlas y axis, ya que todas ellas desempeñan la función común de permitir la movilidad de la cabeza. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, desde un punto de vista funcional estricto, habría que incluir también en este apartado las articulaciones del segmento cervical de la columna, ya que su movilidad se añade a la del complejo craneovertebral para incrementar los movimientos de la cabeza sobre el tronco.

Articulación atlantooccipital
(Figs. 5-15 a 5-17)

El occipital y el atlas se unen por medio de dos articulaciones sinoviales (una a cada lado) que se establecen entre los cóndilos del occipital y la cara articular superior (*cavidades glenoideas*) de las masas laterales del atlas. Ambas superficies están recubiertas de cartílago articular y se reúnen por una cápsula fibrosa que se inserta en su contorno y que está revestida en su cara profunda por una membrana sinovial.

La unión articular está reforzada por dos membranas fibrosas, **membranas atlanto-occipitales anterior** y **posterior**, que se extienden respectivamente entre los arcos anterior y posterior del atlas y los rebordes anterior y posterior del agujero magno del occipital. La membrana anterior está unida al ligamento longitudinal anterior, y la posterior, se corresponde con el ligamento amarillo. La membrana posterior forma un arco por encima del surco de la arteria vertebral del atlas para permitir el paso de ésta y del primer nervio occipital. Con alguna frecuencia, este arco fibroso puede osificarse transformando el surco de la arterial vertebral en un conducto óseo.

> La membrana atlantooccipital posterior forma, por tanto, una región en que la pared de conducto vertebral es fibrosa y accesible quirúrgicamente, que se utiliza para realizar punciones suboccipitales. Esta membrana es el punto de acceso de la «puntilla» o «descabello» en el sacrificio de los animales.

Las dos articulaciones actúan funcionalmente como una articulación única, en la que la superficie articular se corresponde a un elipsoide que resulta de la suma de las superficies de ambos lados. Los movimientos que se realizan en este complejo articular son las flexiones y extensiones y las inclinaciones laterales

Articulaciones atlantoaxoideas
(Figs. 5-15 a 5-17)

El atlas establece articulaciones con al axis a nivel de las masas laterales (articulaciones atlantoaxiales laterales) y de su arco anterior (articulación atlantoaxial media).

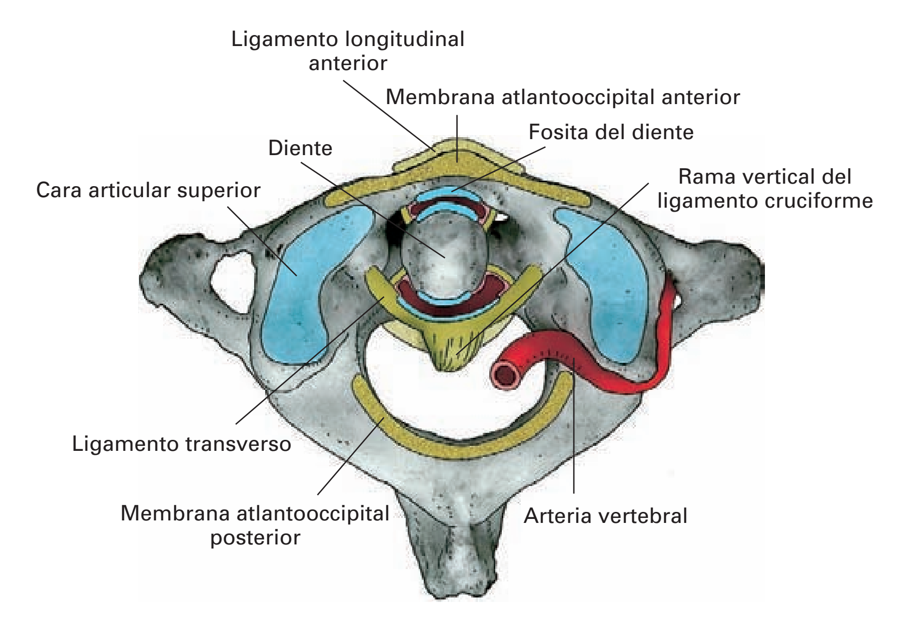


Figura 5-15. Visión superior de la articulación atloidoaxoidea medial.

Articulación atlantoaxial lateral

Las superficies articulares se disponen, por un lado, en la cara inferior de las masas laterales del atlas y, por el otro, a los lados de la base del diente del axis. Aunque las dos superficies articulares son planas, el revestimiento de cartílago articular se hace más grueso en la zona central, con lo que se disminuye la congruencia y se incrementa la movilidad. La cápsula fibrosa se inserta en el contorno de las superficies articulares y está revestida por su superficie profunda por la membrana sinovial.

Como estructuras complementarias de unión asociadas a esta articulación se encuentran las **membranas atlantoaxoideas anterior** y **posterior**. La anterior se extiende entre el arco anterior del atlas y la cara anterior del cuerpo del axis, y representa una porción del ligamento longitudinal anterior. La membrana atlantoaxoidea posterior se extiende entre el arco posterior del atlas y el arco del axis y sustituye al ligamento amarillo. El segundo nervio espinal sale del conducto vertebral perforando esta membrana.

Articulaciones atlantoaxial media

(Figs. 5-15 a 5-17)

Es una articulación de tipo trochus (trocoide) y, como tal, consta de un pivote que gira dentro de un anillo. El pivote articular está constituido por el diente del axis, que en su porción superior tiene dos carillas articulares, una anterior y otra posterior. El anillo articular consta de una porción anterior ósea, la superficie articular del arco del atlas (**fosita del diente**), que se completa posteriormente mediante una estructura ligamentosa, el **ligamento transverso del atlas**.

El ligamento transverso del atlas es una banda fibrosa dispuesta por detrás del diente del axis y unida por sus extremos a la cara interna de las masas laterales del atlas. Su cara anterior, en la zona que establece contacto con la superficie articular del diente, está revestida de una fina lámina de cartílago.

Existen dos cápsulas fibrosas que se unen a los contornos de las superficies articulares, incluido el ligamento transverso, y también dos membranas sinoviales.

Reforzando la integridad articular, se disponen los siguientes ligamentos:

Ligamentos occipitoodontoideos. Fijan el diente del axis al occipital evitando que éste salga del anillo articular en el que está contenido. El **ligamento apical del diente** es impar y se extiende desde el vértice del diente a la porción anterior del reborde del agujero magno. Es un ligamento poco consistente y, desde el punto de vista del desarrollo embriológico, proviene de la notocorda. Los **ligamentos alares** son unos haces fibrosos fuertes y resistentes que se dirigen casi horizontalmente desde el vértice del diente a la cara interna de los cóndilos del occipital. Estos ligamentos limitan los movimientos de rotación al arrollarse sobre el diente.

Ligamento cruciforme del atlas. Del ligamento transverso del atlas parten dos fascículos fibrosos longitudinales, uno ascendente al reborde anterior del agujero magno, y otro descendente al cuerpo del axis, que refuerzan la articulación. Al conjunto del ligamento transverso y de los fascículos ascendente y descendente se le denomina ligamento cruciforme del atlas.

Membrana tectoria. Se denomina de esta manera a la porción superior del ligamento longitudinal posterior

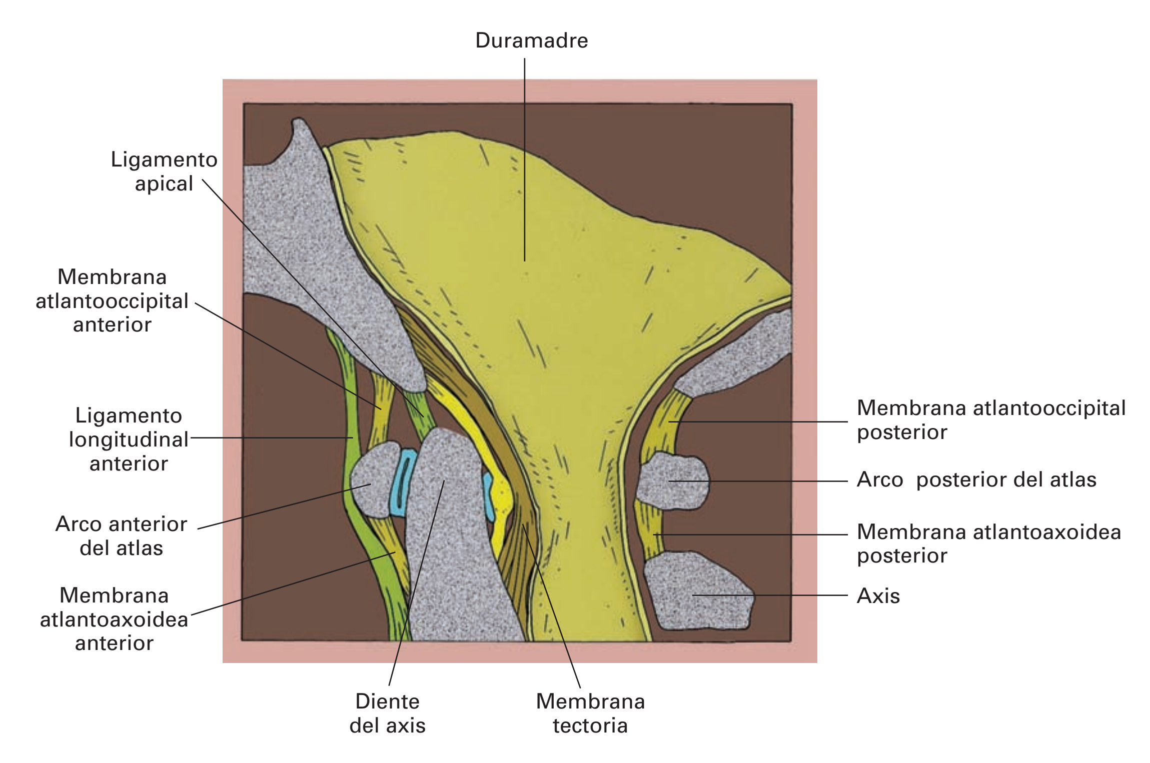


Figura 5-16. Representación esquemática de un corte sagital a nivel de la unión craneovertebral.

que, a nivel del diente del axis, se encuentra muy engrosado y tapiza por detrás al ligamento cruciforme y al resto de componentes de la articulación. Es un refuerzo que protege de posibles desplazamientos del diente del axis hacia el plano posterior, donde se encuentran las estructuras nerviosas.

En conjunto, la articulación atlantoaxoidea permite el giro del atlas sobre el axis y, como la cabeza se apoya sobre el atlas, el movimiento resultante será el giro de la cabeza.

Luxación del diente

Desde el punto de vista clínico, esta articulación tiene gran importancia, ya que la luxación del diente del axis se produce con cierta frecuencia en los accidentes de tráfico. Las consecuencias de este accidente son a menudo mortales, ya que el diente luxado comprime el tránsito entre médula y encéfalo, causando la muerte de forma instantánea. Los respaldos para la cabeza en los automóviles se han diseñado para evitar los movimientos de la cabeza en forma de látigo, causante de la luxación del diente, que ocurrían en los accidentes cuando se usaban cinturones de seguridad sin el complemento del reposacabezas. Es relativamente frecuente, que los ahorcados mueran también debido a la luxación del diente causada por la suspensión brusca de la cabeza.

Las infecciones graves de la faringe pueden afectar por proximidad a estas articulaciones, produciendo un reblandecimiento del ligamento cruciforme, que facilita la luxación del diente.

El ligamento transverso es una estructura muy resistente y con frecuencia se producen fracturas del diente en las que el ligamento transverso conserva su integridad.

ESTUDIO EN CONJUNTO DE LA COLUMNA VERTEBRAL

La columna vertebral, formada por diferentes unidades óseas articuladas, constituye un pilar osteofibroso cuya función es soportar las cargas del tronco y el cuello, alojar y proteger la médula espinal, y permitir la movilidad de estas regiones del cuerpo. Su longitud es de unos 70 cm en el varón y de 60 cm en la mujer. Desde el nacimiento hasta los 20 ó 25 años, la columna vertebral está en continuo crecimiento. Después, su longitud se estabiliza y en la senectud pierde tamaño progresivamente, debido al aplanamiento de los discos y al aumento de sus curvaturas. Los discos intervertebrales contribuyen aproximadamente al 25 % del tamaño de la columna.

Curvaturas (Fig. 5-18)

La columna vertebral no es rectilínea, sino que presenta una serie de curvaturas en el plano sagital, que son el resultado evolutivo de la adaptación del hombre a la posición erecta. Se denomina **cifosis**[5] a las curvaturas cuya concavi-

[5] Cifosis del griego *kyphosis* = inclinado hacia delante.

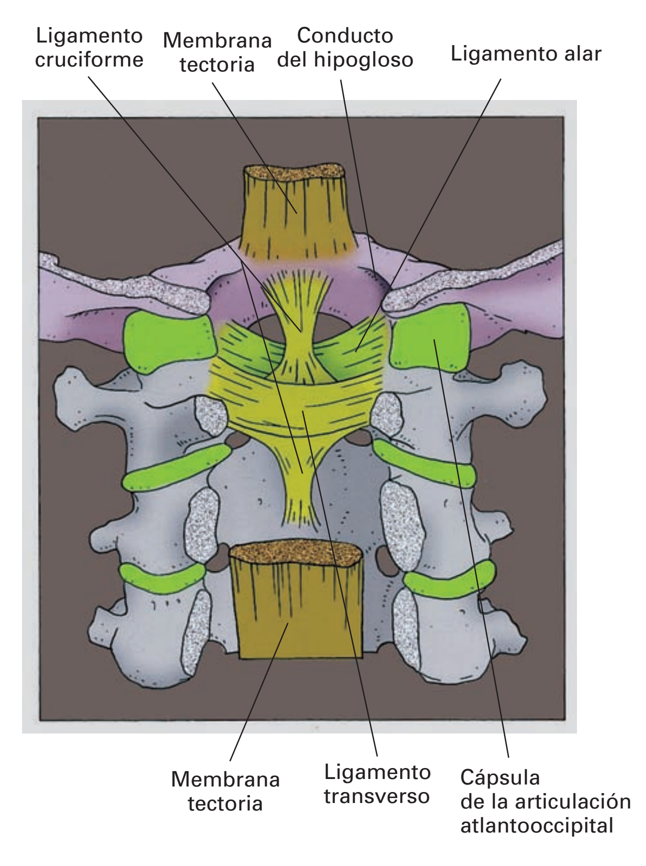


Figura 5-17. Visión posterior de la unión craneovertebral tras seccionar la mitad posterior del occipital y las vértebras cervicales.

dad se dirige hacia el plano anterior y **lordosis**[6] a las curvaturas cuya concavidad es posterior, ambos tipos de curvaturas se van alternado a lo largo de los diferentes segmentos de la columna. Los segmentos torácico y sacrococcígeo (pélvico) presentan fisiológicamente una marcada cifosis derivada de la disposición cóncava de la columna vertebral del feto, por lo que reciben el nombre de *curvaturas primarias*. Los segmentos cervical y lumbar, por el contrario, presentan sendas lordosis fisiológicas, que se desarrollan secundariamente después del nacimiento (*curvaturas secundarias*). Aunque la aparición de la lordosis cervical se puede detectar en el feto cuando los músculos cervicales comienzan a funcionar, su principal desarrollo coincide con el período en que los niños comienzan a sujetar la cabeza en posición erguida. La lordosis lumbar aparece hacia el final del primer año de vida, cuando el niño comienza a mantener la posición erecta y aprende a caminar. El tránsito entre las lordosis y las cifosis es tenue, salvo en la transición lumbo-sacra, donde se forma una marcada angulación que recibe el nombre de **promontorio**.

La disposición de la columna vertebral, alternando curvaturas de dirección opuesta, permite amortiguar las cargas verticales e incrementa el eje de sustentación, de forma que el centro de gravedad durante la marcha se proyecte sobre las extremidades inferiores.

En algunas condiciones patológicas, las curvaturas de la columna se pueden exagerar (cifosis o lordosis patológicas) dando lugar a graves deformaciones del tronco, acompañadas de las consiguientes alteraciones biomecánicas.

Además de las curvaturas en el plano sagital, la columna vertebral en los sujetos sanos puede presentar una incurvación muy pequeña en el plano lateral. A las curvaturas en el plano lateral se las denomina **escoliosis**, y son un rasgo patológico de la columna, con la excepción mencionada, que se dispone a nivel de los segmentos torácicos superiores, y cuya concavidad se dirige hacia la izquierda en los sujetos diestros y hacia la derecha en los sujetos zurdos.

Configuración externa e interna

(Fig. 5-18)

En conjunto se pueden distinguir en la columna cuatro superficies, anterior, laterales y posterior, y un **conducto vertebral** (*conducto raquídeo*) que la recorre internamente.

La superficie anterior está formada por los cuerpos y discos intervertebrales cubiertos por el ligamento longitudinal anterior. El tamaño de esta cara varía a lo largo de la columna vertebral debido a que los cuerpos vertebrales son mayores a medida que se desciende por la columna, hasta alcanzar el nivel sacro, donde el tamaño de los cuerpos se reduce a partir del punto en que la carga es transmitida hacia las extremidades inferiores.

La superficie posterior presenta en la línea media el relieve de las apófisis espinosas y, a ambos lados, los canales vertebrales, formados por la superposición de las láminas donde se alojan numerosos músculos del dorso (*músculos de los canales vertebrales*). Lateralmente, los canales vertebrales están delimitados por las apófisis articulares, y más lateralmente, por las apófisis transversas.

En las superficies laterales se observan los pedículos, dispuestos a continuación de los cuerpos vertebrales. Entre los pedículos se disponen los agujeros intervertebrales, que dan salida a los nervios espinales y cuyo diámetro se va incrementando regularmente de arriba abajo hasta la 5.ª vértebra lumbar. En posición más dorsal se encuentran las apófisis transversas y las apófisis articulares que establecen el límite con la cara posterior.

El conducto vertebral recorre el interior de la columna vertebral y se forma por la superposición de los agujeros vertebrales. Por delante se encuentran los cuerpos y discos intervertebrales junto con el ligamento longitudinal posterior, y por detrás y a los lados, se disponen los componentes del arco vertebral unidos por los ligamentos amarillos. El calibre del conducto es máximo en los segmentos más móviles (cervical y lumbar) y pequeño, y de contorno oval, en el segmento torácico, que tiene muy poca movilidad.

[6] Lordosis del griego = yo me doblo.

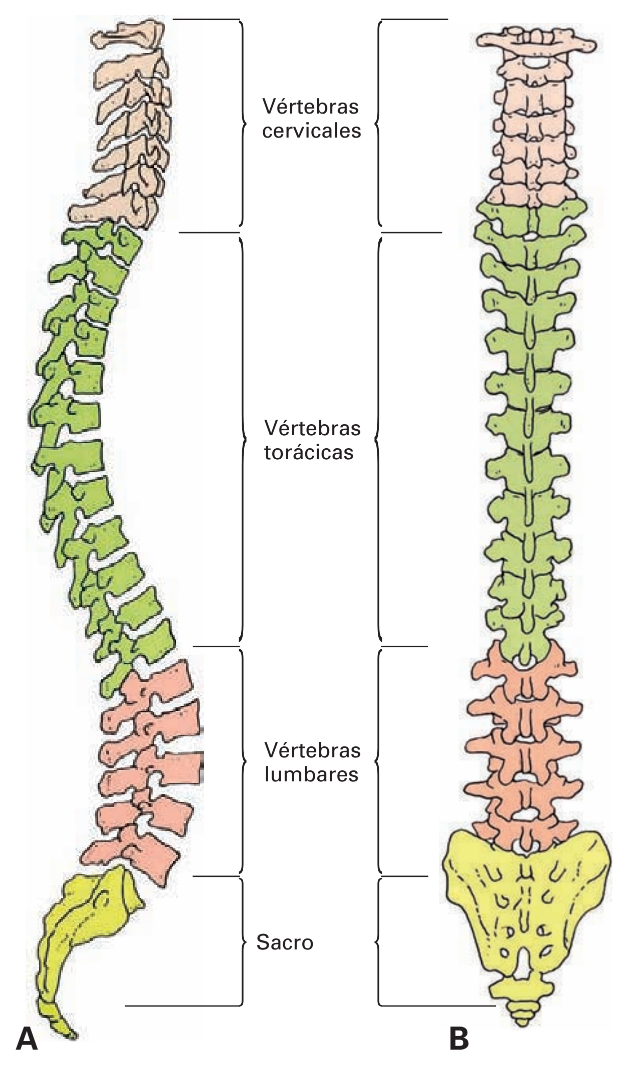


Figura 5-18. Visión lateral (A) y posterior (B) de la columna vertebral.

Movilidad (Fig. 5-19)

Los movimientos posibles entre cada dos vértebras son muy restringidos, pero su acumulación a lo largo de los diferentes elementos de la columna produce un considerable nivel de movilidad, que incluye flexiones y extensiones, rotaciones e inclinaciones laterales. Estos movimientos son posibles debido a la elasticidad de los discos intervertebrales y a las articulaciones sinoviales entre las apófisis articulares. Los movimientos se delimitan, por un lado, por acción de los ligamentos, y, por otro, por la forma y disposición de las carillas articulares de las apófisis articulares. La amplitud de los movimientos es bastante variable entre personas de la misma raza, y entre diferentes razas y, en general, es máxima en los niños y va disminuyendo con la edad, debido a que los discos y los ligamentos se van haciendo más rígidos. El grado de movilidad de la columna varía en sus diferentes segmentos.

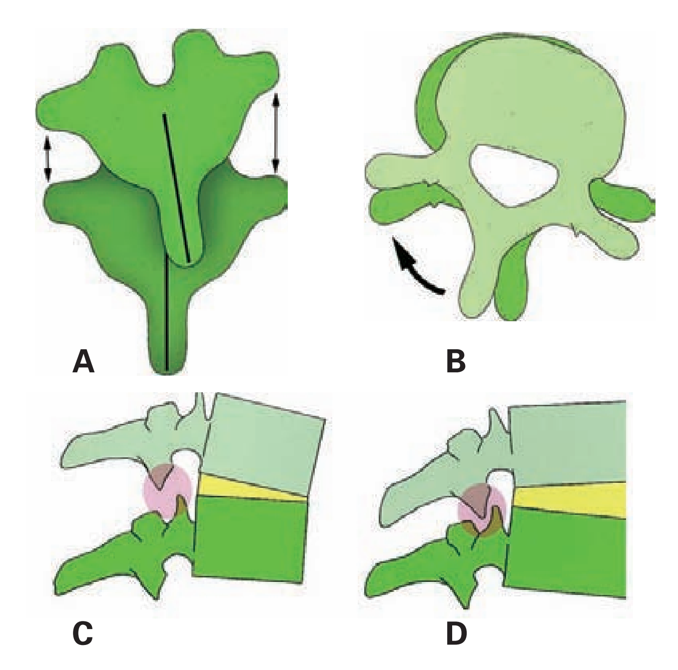


Figura 5-19. Representación esquemática de los movimientos entre dos vértebras. A) Inclinación lateral. B) Rotación. C) Flexión. D) Extensión. El punto de movimiento de la flexo-extensión está enmarcado en un círculo.

Segmento cervical. Posee movimientos amplios debido al tamaño relativamente grande de los discos en relación con los cuerpos vertebrales y a la oblicuidad de las carillas articulares. Puede realizar flexoextensiones, rotaciones e inclinaciones laterales cuando éstas se acompañan de rotación. Sin embargo, aproximadamente la mitad de la rotación posible en el segmento cervical, tiene lugar en la articulación atlantoaxoidea.

Segmento torácico. Posee poca movilidad debido a los siguientes factores: 1) el pequeño tamaño de los discos intervertebrales en relación con los cuerpos; 2) la orientación vertical de las carillas articulares, que se opone a los movimientos de flexoextensión; 3) la presencia de las costillas, que dificultan el desplazamiento de las vértebras; y 4) la oblicuidad de las apófisis espinosas, que chocan entre sí durante la extensión.

Segmento lumbar. Posee considerable movilidad (más que el segmento torácico y menos que el cervical), especialmente en sus segmentos más inferiores. Las flexoextensiones y las inclinaciones laterales son relativamente amplias, mientras que las rotaciones, aunque varían entre las personas, son siempre muy limitadas debido a la forma de las apófisis articulares.

Segmento sacro. Es un segmento inmóvil, ya que sus vértebras están fusionadas y tiene la función de anclar la columna vertebral en la pelvis.

Función de soporte y estabilidad de la columna vertebral

La función de soporte y la estabilidad de la columna en términos mecánicos se traduce por un lado, en su capacidad de aguantar las cargas y, por otro, en mantener el eje en el que se proyecta el centro de gravedad para trasladarlo hacia las extremidades inferiores. Dado que la columna vertebral es una estructura flexible y móvil, es fácil entender que su capacidad de soporte y estabilidad depende no sólo de la disposición estructural de sus componentes sino también de la acción de los músculos. Además, hay que tener en cuenta que ambos factores, organización estructural de la columna y acción muscular, interactúan, especialmente en las etapas en que la columna vertebral está creciendo.

> Alteraciones estructurales de la columna (por ejemplo, malformaciones congénitas de la columna) obligan a una acción continua de los músculos para adaptar la columna anormal a las cargas que recibe, y recíprocamente, una actividad muscular anómala causará secundariamente alteraciones estructurales de la columna (deformidades o degeneración de los discos; hipertrofias o atrofias de ligamentos, deformidades en los cuerpos vertebrales).

En condiciones normales, la columna vertebral se adapta a las cargas originadas en posición erecta sin necesidad de la acción de los músculos. Tal como se ha descrito anteriormente, las curvaturas de la columna vertebral surgen como un proceso de adaptación a las cargas que recibe para mantener la posición erecta y la mirada al frente. Sin embargo, y especialmente en los niños, cuando se mantienen de forma muy continua posturas inadecuadas, o se somete a la columna a cargas excesivas, los músculos se ven obligados a actuar de forma constante, causando deformaciones en la columna vertebral que llegan a hacerse permanentes.

> Un caso patológico ilustrativo de este hecho es la presencia de escoliosis, a veces graves, de la columna vertebral en sujetos que poseen una extremidad inferior de menor tamaño que la otra y que no han sido tratados adecuadamente. En esta situación, el eje de gravedad es desplazado lateralmente hacia la extremidad corta, lo que se compensa por una acción muscular que incurva la columna vertebral hacia el lado de la extremidad más larga con el fin de mantener el centro de gravedad sobre ambas extremidades. Con el tiempo, esta incurvación, inicialmente funcional, se hace permanente por cambios estructurales de la columna. Sin llegar a estos extremos patológicos, el mantenimiento de posturas inapropiadas en los niños durante la edad escolar (postura en los pupitres escolares, uso de mochilas con mucho peso) se traduce con frecuencia en pequeñas anomalías de la columna vertebral que luego, en la vida adulta, son causa frecuente de dolores de espalda por exceso de tensión muscular.

En condiciones normales, el eje de gravedad pasa por delante de los cuerpos de las vértebras torácicas, lo que tiende a incrementar la incurvación de este segmento vertebral. En los jóvenes este proceso está bien compensado por la morfología de las vértebras y por la acción ligamentosa, pero en los ancianos, la curvatura tiende a incrementarse. Durante el embarazo, la lordosis lumbar aumenta transitoriamente con el fin de compensar el exceso de carga anterior originado por el feto.

OSIFICACIÓN DE LAS VÉRTEBRAS
(Fig. 5-20)

El esbozo cartilaginoso de las vértebras se osifica a partir de tres centros primarios y cinco centros secundarios (epifisarios). La aparición de estos centros de osificación es un proceso lento, que se extiende desde el tercer mes de vida intrauterina hasta después de la pubertad, por lo que en los sujetos jóvenes, las vértebras están formadas en parte por cartílago. El proceso de osificación sigue una secuencia temporal diferente en los diferentes segmentos de la columna y además existen importantes variaciones entre las diferentes personas. En general, en un momento dado, la osificación de las vértebras está más avanzada en la parte central de la columna y más retrasada en los extremos craneal y caudal. La osificación de las vértebras se completa alrededor de los 25 años.

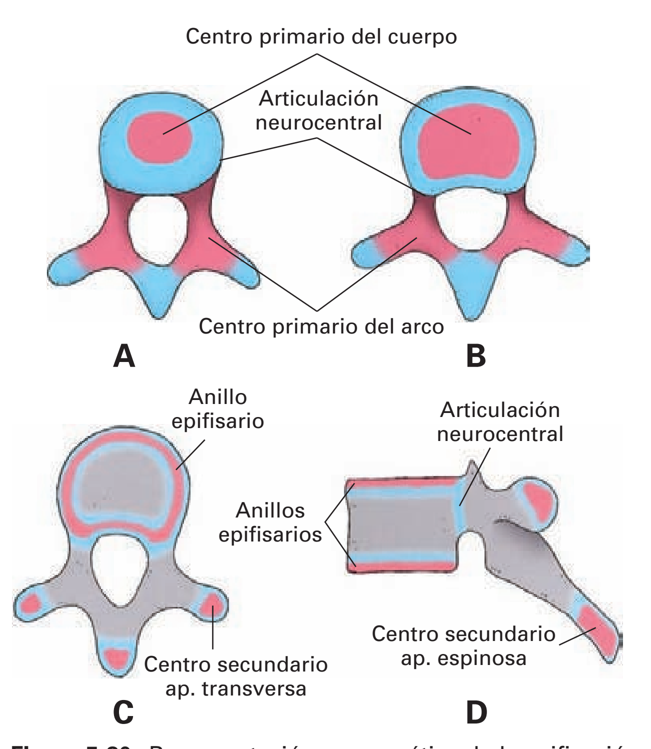


Figura 5-20. Representación esquemática de la osificación de las vértebras. Vértebras prenatales con los centros primarios de osificación (A y B). Vértebras posnatales con los centros secundarios de osificación (C y D). En azul se representan las zonas cartilaginosas presentes en la vértebra.

Los **centros primarios de osificación** (Fig. 5-20A-B) se localizan, uno en el cuerpo vertebral (centrum), y los otros dos en cada mitad del arco vertebral, en la zona de confluencia de los pedículos, la lámina y las apófisis articulares.

El *centro del cuerpo vertebral* es el resultado de la fusión de dos centros iniciales que se sueldan muy rápidamente (cuando esta unión falla, el cuerpo vertebral puede aparecer formado por dos mitades separadas), y se detecta a partir del segundo mes de desarrollo intrauterino en los niveles más bajos del segmento torácico de la columna. A partir del quinto mes, con la excepción de las últimas vértebras sacras y las coccígeas, todas las vértebras presentan este centro de osificación. La osificación del segmento coccígeo tiene lugar después del nacimiento.

Los *centros primarios del arco vertebral* comienzan a detectarse a partir del quinto mes y se extienden en dirección a la lámina, al pedículo, a las apófisis transversas y a las apófisis articulares. Al nacer, las vértebras poseen tres piezas óseas unidas por cartílago, el cuerpo (centrum) y dos hemiarcos. El cartílago de unión entre cada hemiarco y el cuerpo, denominado *articulación neurocentral*, se osifica en el niño a partir de los tres años (comienza a nivel cervical) y se completa en toda la columna en el séptimo año. Esta estructura es importante, ya que permite el crecimiento del arco vertebral para adaptarse al crecimiento en diámetro de la médula espinal. El cartílago de unión entre las láminas del arco vertebral comienza a osificarse (se inicia a nivel lumbar) a partir del nacimiento y no se completa en el nivel sacro hasta los ocho o diez años.

Los **centros secundarios de osificación** (*centros epifisarios vertebrales*; Fig. 5-20C-D) comienzan a formarse a partir de la pubertad y se sueldan con el resto de la vértebra (cuerpo y arco) después de los 18 años. Existen dos centros secundarios en el cuerpo vertebral, denominados *anillos epifisarios*, que poseen forma de anillo y se disponen uno en la parte superior y el otro en la parte inferior del contorno del cuerpo vertebral. Los otros centros secundarios se sitúan en los extremos de las apófisis transversas y de la apófisis espinosa.

Características regionales e individuales en la osificación de las vértebras

El **atlas** posee tres centros primarios de osificación: arco anterior y ambas masas laterales. Los centros de las masas laterales se extienden hacia atrás para formar el arco posterior. El centro correspondiente al arco anterior (puede ser doble) aparece en el niño durante el primer o segundo año, por lo que esta estructura en el recién nacido es cartilaginosa.

El **axis** presenta dos pares de centros primarios en el cuerpo, un par superior que formará la mitad derecha e izquierda del diente, y un par inferior que formará ambas mitades (derecha e izquierda) del resto del cuerpo de la vértebra. En el recién nacido, estos núcleos primarios no están fusionados, por lo que el cuerpo y el diente están formados por cuatro piezas que se sueldan entre los tres y los seis años. Además, el extremo del diente permanece cartilaginoso hasta los cinco u ocho años, que es cuando aparece un centro secundario que formará el vértice del diente.

Vértebras cervicales: las apófisis espinosas y las apófisis transversas de las vértebras cervicales tienen dos centros secundarios, uno para cada tubérculo. Con alguna frecuencia, el centro asociado al tubérculo anterior de la apófisis transversa de la séptima vértebra no se suelda y forma una costilla cervical rudimentaria.

Vértebras lumbares: poseen centros secundarios adicionales para las apófisis mamilares.

Sacro: el sacro presenta los diferentes centros primarios correspondientes a cada vértebra, pero los centros secundarios (los anillos epifisarios y los centros transversarios que a este nivel están muy desarrollados) terminan por causar la fusión de todas las piezas en un hueso único.

VARIACIONES DE LA COLUMNA VERTEBRAL

La columna vertebral presenta algunas variaciones entre las personas que afectan tanto a la morfología de las vértebras como a su número. El segmento coccígeo es el más variable debido a que constituye el rudimento de la cola de otros mamíferos. El resto de la columna vertebral es mucho más constante.

Las alteraciones de la forma de las vértebras en los segmentos cervical torácico y lumbar de la columna pueden afectar al cuerpo vertebral (cuerpos pequeños, o incompletos) o al arco vertebral (desarrollo excesivo o defectuoso de las apófisis).

Hay variaciones numéricas de las vértebras de los segmentos cervical, torácico, lumbar y sacro en un 5 % de las personas y pueden deberse a un incremento del número total de vértebras (una, o a lo máximo dos) o con mucha más frecuencia a modificaciones del número relativo de vértebras en los diferentes segmentos («alteraciones numéricas compensadas»). En este caso, lo que ocurre es que un segmento de la columna vertebral dispondría de un elemento extra a expensas del segmento vecino. Estas variaciones, que pueden ser totalmente asintomáticas, afectan especialmente a los segmentos torácico, lumbar y sacro comprenden la *sacralización de una vértebra lumbar*, es decir, que la ultima vértebra lumbar se incorpora al sacro (total o parcialmente) de modo que el sacro contaría con 6 vértebras y el segmento lumbar con cuatro; la *lumbarizacion de la primera vértebra sacra* , en la que ocurre el fenómeno contrario; la *dorsalización de la primera vértebra lumbar*; y la *lumbarización de la última vértebra dorsal*. En el segmento cervical la variación más frecuente es que la séptima vértebra cervical tenga, en uno o en ambos lados, una costilla asociada (costilla cervical), adoptando de esta manera la morfología de una vértebra torácica. Así mismo, con mucha menor frecuencia, el atlas puede quedar asociado al occipital (asimilación del atlas).

EXPLORACIÓN DE LAS VÉRTEBRAS POR MÉTODOS DE ANÁLISIS DE IMAGEN

El estudio radiológico de la columna vertebral resulta complejo por la irregularidad de las vértebras, lo que determina que los diferentes componentes de la vértebra aparezcan como imágenes superpuestas que se reconocen por el incremento de la opacidad a los rayos X. Entre los cuerpos vertebrales quedan espacios radiotransparentes debidos a los discos, que carecen de densidad a los rayos X. Además, las curvaturas de la columna vertebral deben tenerse en cuenta en las proyecciones anteroposteriores en las que el rayo debe ser lo más perpendicular posible al segmento que se pretende estudiar para evitar la superposición de las vértebras vecinas.

Describiremos en primer lugar la morfología radiológica de una vértebra tipo, y posteriormente, la morfología de las diferentes regiones de la columna en el adulto.

Para interpretar una radiografía de personas jóvenes debe tenerse en cuenta que los segmentos que no están osificados son transparentes a los rayos X (véase Osificación de las vértebras), por lo que los núcleos secundarios de osificación aparecen ligeramente independientes del cuerpo (anillos epifisarios) o de la zona de implantación de las apófisis.

Vértebra tipo (Fig. 5-21)

Proyección anteroposterior. El cuerpo aparece en forma de rectángulo de eje mayor horizontal. Este rectángulo está desbordado lateralmente por la silueta de las apófisis transversas. De los pedículos sólo es reconocible su contorno, que aparece como formaciones ovoides a modo de los «ojos» de la vértebra. El resto de los elementos del arco vertebral se superponen a esta imagen. La apófisis espinosa aparece como una silueta alargada verticalmente («nariz de la vértebra») y la silueta de las apófisis articulares sobrepasa hacia arriba y hacia abajo el rectángulo del cuerpo vertebral.

Proyección lateral. En esta proyección se distinguen de delante hacia atrás 4 sectores a modo de columnas: 1) columna de los cuerpos; 2) columna de los pedículos; 3) columna de las apófisis articulares y 4) columna de las láminas y apófisis espinosas.

Segmento cervical

Proyección anteroposterior (Fig. 5-22). Los cuerpos presentan una prolongación superior en sus extremos laterales como «orejas de perro lobo» debidas a las apófisis unciformes, y su contorno inferior aparece muy cóncavo debido a la superficie articular de las articulaciones uncovertebrales. Las apófisis transversas se disponen lateralmente a los cuerpos y aparecen superpuestas con las apófisis articulares. Las apófisis espinosas están bituberculadas. Sobre las vértebras C-5 y C- 6 se pueden detectar la sombra tenue de los cartílagos laríngeos, y por debajo de la C-6 se reconoce la proyección de la tráquea como una columna aérea radiotransparente (más oscura en la radiografía).

En las proyecciones convencionales las tres primeras vértebras están ocultas por la superposición del occipital y la mandíbula y su estudio requiere que la radiografía se haga con la cabeza flexionada y con la boca abierta. En estas condiciones, se reconocen las masas laterales del atlas y entre ellas el diente del axis.

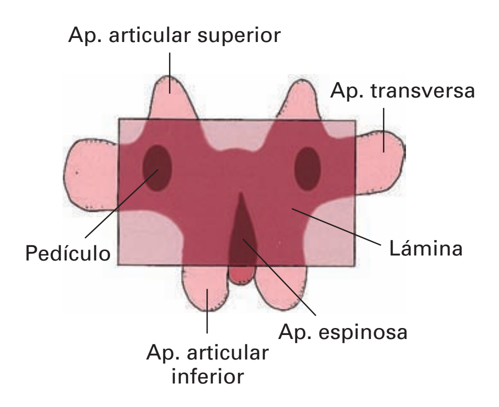


Figura 5-21. Esquema que ilustra cómo se superponen los elementos de una vértebra (arco y cuerpo) en una proyección radiográfica anteroposterior.



Figura 5-22. Radiografía anteroposterior de la columna cervical. 1) Apófisis espinosa. 2) Apófisis unciforme. 3) Silueta de la tráquea sobre los cuerpos vertebrales. 4) Apófisis transversas.

Proyección lateral (Fig. 5-23A). En esta proyección no hay superposiciones importantes y se pueden observar todas las vértebras. La morfología se corresponde con la descrita para la vértebra tipo, salvo que las apófisis transversas aparecen como pequeñas «asas» superpuestas sobre la columna de los cuerpos.

Proyección oblicua (Fig. 5-23B). Es la proyección más adecuada para estudiar el contorno de los agujeros intervertebrales.

Segmento torácico

Las proyecciones habituales son la anteroposterior y la lateral. En la primera de ellas, debe tenerse en cuenta que la sombra del esternón y de los arcos costales se superpone a la imagen de la vértebra tipo.

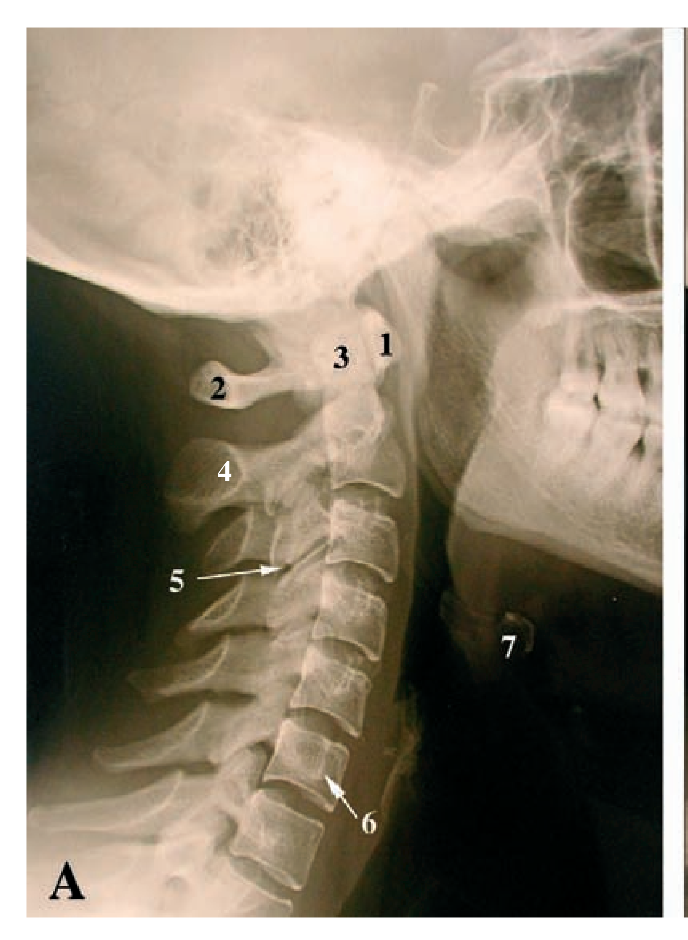
Segmento lumbar

Proyección anteroposterior (Fig. 5-24A). Los cuerpos son grandes, rectangulares, separados por amplios espacios radiotransparentes correspondientes a los discos. La silueta de los pedículos es muy acusada y la porción posterior del arco se aprecia con claridad formando una silueta a modo de «mariposa» debido a las prominencias que forman las apófisis articulares superiores e inferiores. La apófisis espinosa es claramente visible y las apófisis transversas muestran un desarrollo variable. La observación de la quinta vértebra lumbar requiere proyecciones especiales, ya que de otra manera, su aspecto cuneiforme hace que quede superpuesta con el sacro.

Proyección lateral (Fig. 5-24B). Se corresponde con el patrón descrito en la vértebra tipo.

Dentro de las posibles proyecciones adicionales utilizadas para analizar detalles de la columna, cabe resaltar proyección oblicua, en la que se pueden observar con detalle los componentes del arco vertebral, especialmente a nivel lumbar, donde como se muestra en la figura, su silueta delimita una figura a modo de perro pequeño (perrito de Lachapelle; Fig. 5-25).

Además de la exploración radiológica convencional, las técnicas de *tomografía computarizada* y la *resonancia mag-*



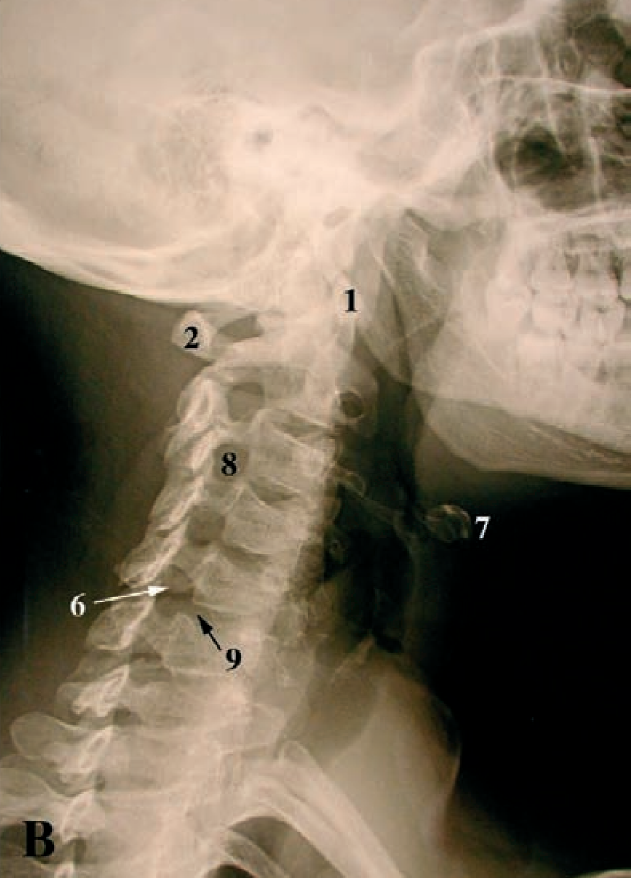
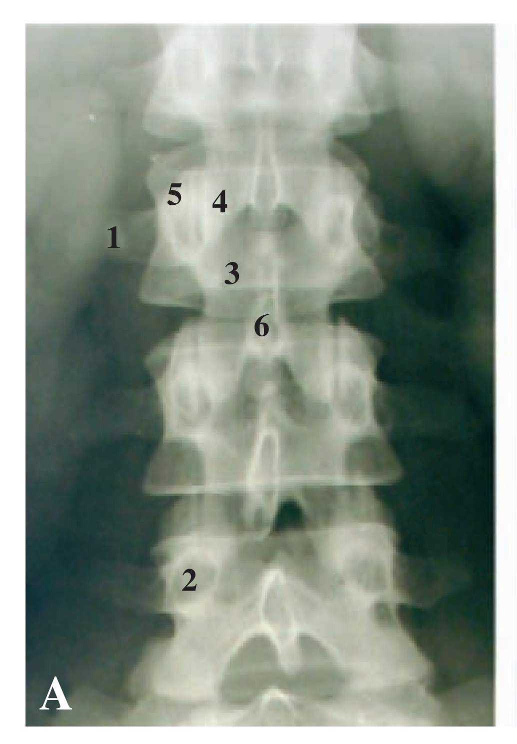


Figura 5-23. Proyección radiográfica lateral (A) y oblicua (B) de la columna cervical. 1) Arco anterior del atlas. 2) Tubérculo posterior del atlas. 3) Apófisis odontoides. 4) Apófisis espinosa del axis. 5) Articulación interapofisaria. 6) Apófisis transversa delimitando el agujero transverso. 7) Hioides. 8) Agujero intervertebral. 9) Disco y articulación uncovertebral.



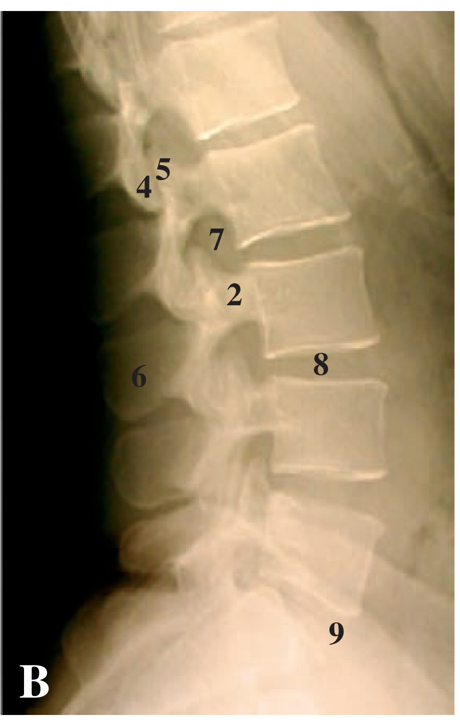


Figura 5-24. Proyección radiográfica anteroposterior (A) y lateral (B) de la columna lumbar. 1) Apófisis costiforme. 2) Pedículo. 3) Lámina. 4) Apófisis articular inferior. 5) Apófifis articular superior. 6) Apófisis espinosa. 7) Agujero intervertebral. 8) Disco intervertebral. 9) Promontorio.

nética son de extraordinaria utilidad en la exploración de la columna vertebral, ya que ofrecen una imagen de gran detalle tanto de las vértebras como de los discos intervertebrales (Fig. 5-26).

CAVIDAD PÉLVICA

La pelvis se dispone en la parte más baja del tronco. Desde el punto de vista esquelético está formada por los huesos coxales (ilíacos) unidos posteriormente al segmento pélvico de la columna vertebral (sacro y cóccix), de modo que configuran un anillo óseo que delimita una amplia cavidad por delante del segmento sacrococcígeo de la columna vertebral. Por su extremo superior, la pelvis se continúa con la cavidad abdominal y por su extremo inferior presenta una amplia abertura que se cierra parcialmente mediante una serie de planos fibrosos y musculares. En la superficie externa de la pelvis se dispone la articulación coxo-femoral. En el interior de la pelvis se aloja la parte inferior del aparato digestivo, la vejiga de la orina y la mayor parte del aparato reproductor. Este último hecho le confiere una particular importancia en la mujer, ya que, durante el nacimiento, el feto debe salir a través de la pelvis y pequeñas deformidades pueden ser un impedimento importante para el parto.

Por lo que se refiere al aparato locomotor, la pelvis constituye una encrucijada, en la que tiene lugar la transmisión de las cargas mecánicas desde el esqueleto axial a las extremidades inferiores. Además, proporciona la base de inserción a gran número de músculos de la extremidad inferior y del tronco.

En los apartados que siguen se estudiarán los huesos coxales, las articulaciones que se establecen entre los huesos de la pelvis (sínfisis púbiana y articulaciones sacroilíacas), las características generales de la pelvis osteoligamentosa y su cierre muscular inferior.

HUESO COXAL

El hueso coxal[7] (*hueso ilíaco*) es un hueso plano que forma el esqueleto de la cadera y que posee características específicas en la especie humana asociadas a la bipedestación. Está constituido por tres elementos, el **ilión**[8], el **isquión**[9] y el **pubis**[10], que se encuentran unidos en el adulto, formando una única pieza ósea en forma de hélice, en la que se puede distinguir una cara externa una cara interna y cuatro bordes. En otros vertebrados, los tres componentes

[7] Coxal del latín *coxa* = cadera.

[8] Ilión es un término que deriva del latín *ilium* = flanco; o bien *ilia* = intestino delgado, ya que contribuye a sostenerlo.

[9] Término derivado del griego que significa la cavidad donde se encaja el fémur.

[10] Del latín *pubes* = pelo de la región genital.



Figura 5-25. Proyección radiográfica oblicua de la columna lumbar. 1) Apófisis articular superior. 2) Apófisis articular inferior. 3) Pedículo. 4) Lámina. 5) Apófisis espinosa. 6) Apófisis tranversa. 7) Crestas ilíacas.

óseos del coxal aparecen como huesos independientes. En los seres humanos jóvenes también aparecen los componentes del coxal como huesos individuales unidos entre sí por cartílago, que van osificándose de forma progresiva alcanzando la forma adulta de hueso único alrededor de los 20 ó 25 años.

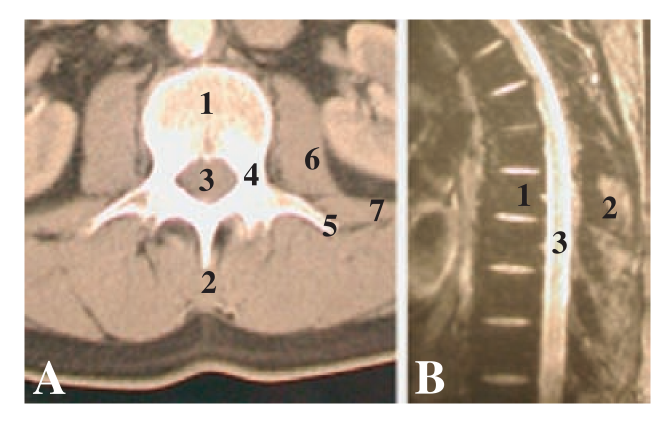


Figura 5-26. A) TC de una vértebra lumbar. B) RM sagital de la columna torácica. 1) Cuerpo vertebral. 2) Apófisis espinosa. 3) Agujero vertebral. 4) Pedículo. 5) Apófisis costiforme. 6) Músculo psoas. 7) Músculo cuadrado lumbar.

Cara externa (Fig. 5-27)

Presenta en la zona media una gran cavidad articular redondeada para la cabeza del fémur, el **acetábulo** (*cavidad cotiloidea*), que corresponde a la zona donde confluyen los tres componentes del hueso (ilión, isquión y pubis). Por encima y detrás del acetábulo se dispone una amplia superficie aplanada perteneciente al ilión, la **superficie glútea** (*fosa ilíaca externa*), mientras que por delante y debajo del acetábulo el hueso tiene un amplio orificio que se sitúa entre el isquión y el pubis, denominado **agujero obturador**.

El acetábulo posee un borde saliente, el **borde acetabular** (*ceja cotiloidea*), donde se observan tres escotaduras que marcan los puntos de fusión de los tres elementos constituyentes del hueso: la *escotadura iliopúbica*, poco marcada, que se sitúa en la zona anterior de la ceja; la *escotadura ilioisquiática*, también poco acentuada, dispuesta en la parte posterior de la ceja; y la **escotadura acetabular** (*isquiopúbica*) muy acentuada y que ocupa la parte inferior del contorno del acetábulo.

En el interior de la cavidad del acetábulo se puede distinguir una zona central, rugosa, la **fosa acetabular** (*trasfondo de la cavidad cotiloidea*) y alrededor de ella una superficie lisa que no forma una circunferencia completa por estar interrumpida a nivel de la escotadura acetabular. Esta región recibe el nombre de **superficie semilunar** (*facies lunata*) y es la verdadera zona articular con la cabeza del fémur que en el vivo está revestida de cartílago articular.

La superficie glútea es una amplia lámina ósea de inserción de músculos. Está recorrida por tres líneas semicirculares de concavidad anteroinferior, la **líneas glúteas inferior** (paralela y próxima al contorno del acetábulo), **anterior** (que recorre la zona central de la superficie glútea), y **posterior** (en la zona más posterior de la superficie glútea) que delimitan unas amplias superficies de inserción de los músculos glúteos. Entre la línea glútea inferior y el acetábulo se encuentra una superficie rugosa, el **canal supracotiloideo**, donde se inserta el tendón reflejo del músculo recto femoral.

El agujero obturador es un amplio orificio de forma oval o triangular que se dispone por debajo del acetábulo y que queda delimitado entre los sectores del hueso coxal originados a partir del pubis y del isquión. Ambos elementos del coxal, considerados aisladamente, tienen el aspecto de piezas óseas angulares que se miran por su abertura y que se unen por sus extremos, delimitando al agujero obturador. El pubis contornea la parte anterior del agujero y el isquión la posteroinferior. El pubis tiene forma de «V» abierta en dirección al agujero obturador, en la que se puede distinguir una **rama superior** (*rama horizontal del pubis*), un **cuerpo** (*lámina cuadrilátera*) y una **rama inferior** (*descendente*). El isquión tiene el aspecto de una «L» abierta hacia el agujero y en él se puede distinguir un **cuerpo** (*rama descendente del isquión*), y una **rama** (*rama ascendente del isquión*). En la rama superior del pubis se encuentra un surco marcado que amplía la extensión

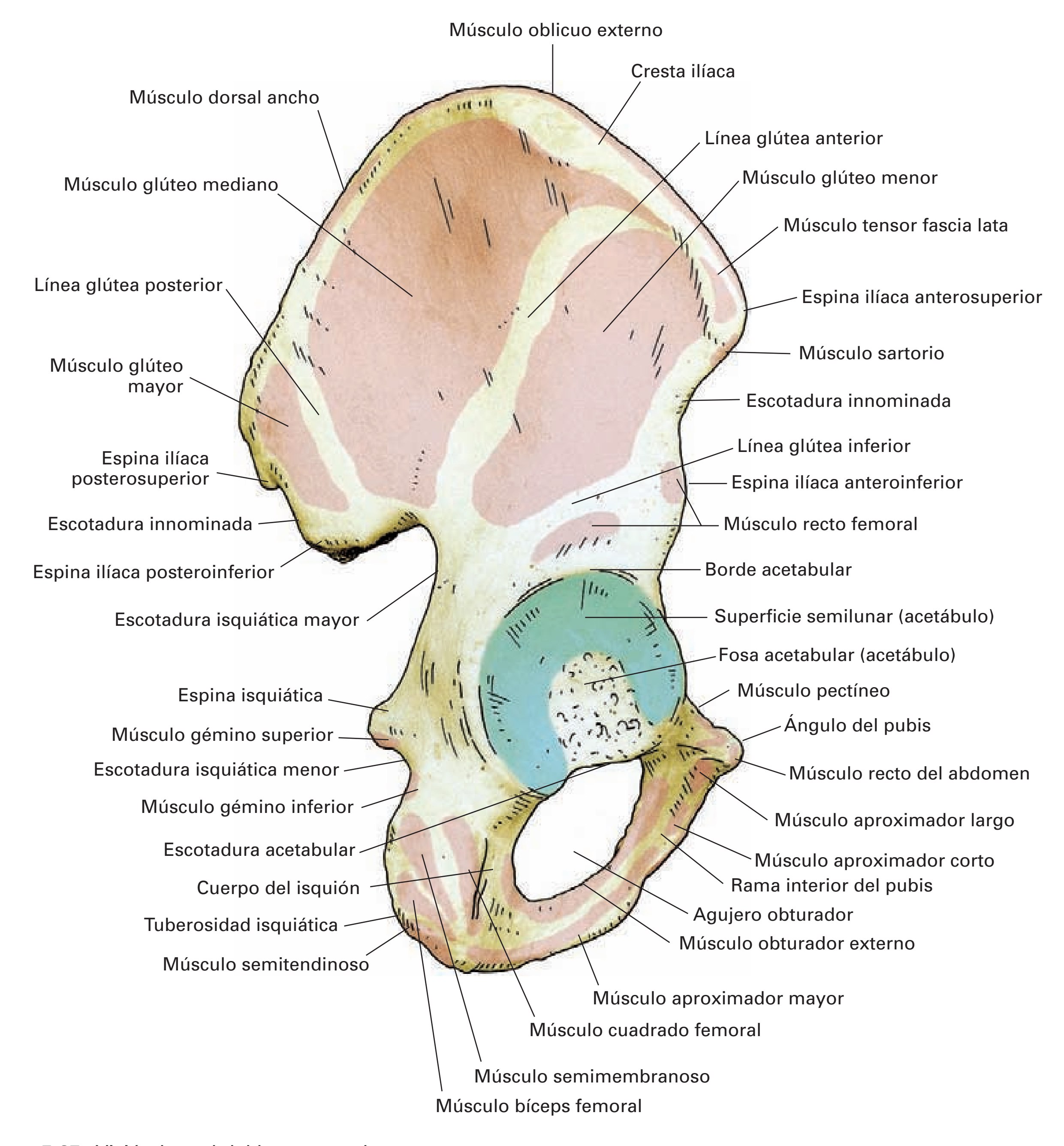


Figura 5-27. Visión lateral del hueso coxal.

del agujero obturador, denominado **canal obturador** (*canal subpúbico*). En el vivo, el agujero obturador está tapado por una lámina fibrosa, la **membrana obturatriz**, a excepción del canal obturador, que, por lo tanto, es la única zona del agujero que permite la comunicación entre el interior y el exterior de la pelvis.

Cara interna (Fig. 5-28)

Está dividida en dos grandes sectores por una cresta de dirección oblicua hacia abajo y delante, la **línea arqueada** (*cresta del estrecho superior de la pelvis* o *línea innominada*), que se hace particularmente aguda y cortante en su extremo anterior, situado en el pubis, donde recibe el nombre de **cresta pectínea** o **pecten**. Por encima de la línea arqueada se extiende una gran superficie lisa, la **fosa ilíaca** (*fosa ilíaca interna*), donde se inserta el músculo ilíaco. Por detrás de la fosa ilíaca y del extremo más posterior de la línea arqueada, y ocupando el sector más posterior y superior de la cara interna del coxal, se dispone una zona rugosa de contacto articular con el sacro (*superficie sacropélvica*). En esta región se distingue un sector anteroinferior en forma de «C» abierta hacia atrás, la **superficie auricular**,

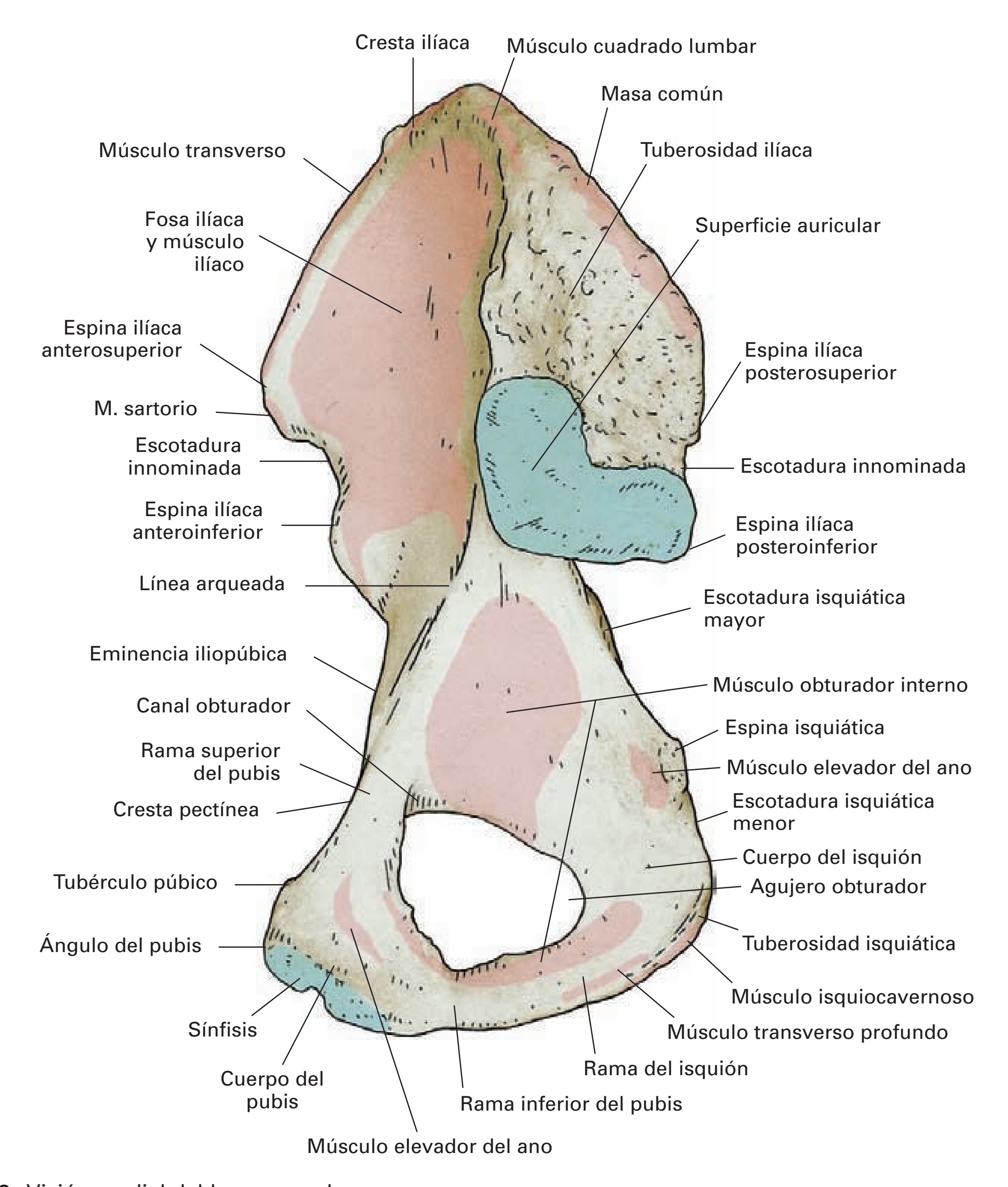


Figura 5-28. Visión medial del hueso coxal.

que constituye la superficie articular propiamente dicha para el sacro, y un sector posterosuperior que forma una eminencia rugosa, la **tuberosidad ilíaca**, donde se insertan ligamentos de unión entre el sacro y el ilíaco.

Por debajo de la línea arqueada está el agujero obturador con su contorno óseo y por detrás de él una amplia superficie lisa que se corresponde con el fondo de la fosa acetabular.

Borde superior

Se denomina **cresta ilíaca**. Es convexo y sus extremos forman prominencias bien definidas, la **espina ilíaca anterosuperior** y la **espina ilíaca posterosuperior**, que forman, respectivamente, el límite con el borde anterior y el borde posterior del coxal.

Borde anterior

Es muy irregular y en él se alternan zonas prominentes y zonas escotadas. En su extremo superior está la espina ilíaca anterosuperior, a continuación la **escotadura innominada** y luego un relieve, **la espina ilíaca anteroinferior**. Después de este relieve, una zona escotada por donde discurre el músculo iliopsoas, seguida de una eminencia oblonga, la **eminencia iliopúbica** (*iliopectínea*). A conti-

nuación, hay una superficie lisa, la **superficie pectínea**, seguida de un relieve agudo, el **tubérculo púbico** (*espina del pubis*), donde se inserta el ligamento inguinal, y una zona rugosa, la **cresta púbica**, de inserción del músculo recto anterior del abdomen. El borde finaliza en un extremo angular, el **ángulo del pubis**, que establece el límite con el borde inferior del hueso.

Borde inferior

Desde su origen en el ángulo púbico, presenta un primer segmento correspondiente al cuerpo del pubis, donde se encuentra una superficie articular para el coxal contralateral, que formará la **sínfisis del pubis**. A continuación, el borde está formado por la rama inferior del pubis seguida de la rama del isquión y finaliza en una gran prominencia, la **tuberosidad isquiática** Por debajo de la sínfisis del pubis el borde inferior tiene una dirección oblicua y delimita con el hueso del lado opuesto un espacio triangular que, en el vivo, está ocupado por las fascias y músculos del periné.

Borde posterior

Se extiende entre la tuberosidad isquiática y la espina ilíaca posterosuperior y al igual que el borde anterior, está formado por la alternancia de zonas excavadas y zonas prominentes. Así, después de la espina ilíaca posterosuperior se disponen la **escotadura innominada**, luego la **espina ilíaca posteroinferior**, donde se incia una amplia escotadura, la **escotadura isquiática mayor** (*escotadura ciática mayor*), que se extiende hasta un relieve muy prominente y agudo, la **espina isquiática** (*espina ciática*) y nuevamente una zona escotada algo menos marcada que la anterior, la **escotadura isquiática menor** (*ciática menor*) cuyo límite es finalmente la tuberosidad isquiática.

Estructura

Como todos los huesos planos, el coxal consta de una capa externa de hueso compacto y una zona central de hueso esponjoso. En el espesor del tejido óseo esponjoso las trabéculas óseas se orientan de acuerdo con las líneas de tensión y presión a las que está sometido el hueso. En las regiones correspondientes al ilión (superficie glútea-fosa ilíaca interna) y el fondo del acetábulo, el espesor del hueso es mínimo, mientras que en las zonas donde se concentran numerosas inserciones musculares (tuberosidad isquíatica, cresta ilíaca), así como en las zonas que marcan las líneas de transmisión de carga desde la articulación sacroilíaca hacia el fémur (línea arqueada), el hueso adquiere una notable consistencia con más desarrollo de la capa de hueso compacto y mayor densidad de trabéculas óseas en el tejido esponjoso.

Osificación

El hueso posee tres **centros de osificación primarios** que corresponden a cada una de las unidades estructurales del hueso: ilión, isquión y pubis. Estos centros aparecen antes del quinto mes de vida fetal y se expanden de forma progresiva por el esbozo cartilaginoso del hueso. En el recién nacido, el hueso coxal posee las tres piezas óseas correspondientes a cada centro primario de osificación, separadas por cartílago. La confluencia de los tres centros de osificación tiene lugar a nivel del acetábulo, de forma que en el recién nacido, esta estructura está constituida en gran mediada por cartílago dispuesto a modo de una estrella de tres puntas que separa los componentes óseos procedentes del ilión, isquión y pubis.

La osificación completa del hueso se realiza alrededor de los 20 ó 25 años por la expansión de los centros primarios, complementada por la aparición desde los 8 ó 10 años hasta la pubertad de algunos **centros de osificación secundarios** que se desarrollan en el cartílago en forma de estrella presente en el acetábulo del recién nacido (centros acetabulares), en la cresta ilíaca, en la tuberosidad y en la espina isquiática, en la espina ilíaca anteroinferior y en el ángulo del pubis.

ARTICULACIONES DE LA PELVIS

Tres articulaciones establecen los puntos de unión entre los huesos de la pelvis. En el plano posterior, los coxales se unen a las caras laterales del sacro en las **articulaciones sacroilíacas**. En el plano anteroinferior ambos coxales se unen en una articulación impar, la **sínfisis del pubis**. De esta manera, entre los tres elementos óseos configuran una cavidad incompleta, ampliamente abierta por sus extremos superior e inferior, que se denomina cavidad pélvica.

ARTICULACIÓN SACROILÍACA

(Figs. 5-29 y 5-31)

Es una articulación compleja cuya función principal no es facilitar el movimiento sino, al contrario, asegurar la estabilidad de la unión entre tronco y extremidad inferior. Sin embargo, en la mujer, durante el parto, la movilidad de la articulación es necesaria para incrementar el diámetro de la pelvis y facilitar la expulsión del feto. Esta característica funcional de ser un punto firme de unión entre huesos y a la vez requerir movilidad en algunos momentos concretos de la vida explica que su estructura sufra modificaciones significativas. En las primeras épocas de la vida es una articulación diartrodial de tipo plano que se va transformando en un anfiadiartrosis en el curso de los años.

Efectivamente, en el adulto joven es una articulación diartrodial plana. Sin embargo, el aspecto aplanado de las superficies es sólo manifiesto en el niño. Más adelante, las superficies adquieren irregularidades de orientación inversa estableciendo puntos de encaje entre ambos huesos

que incrementan la estabilidad y reducen la potencialidad de movimiento de la articulación. En los varones, los cambios de la superficie articular ocurren de forma rápida y son seguidos por la formación de haces fibrosos que saltan entre ambos huesos y terminan por obliterar total o parcialmente la articulación. En la mujer, estos cambios ocurren a partir de la menopausia.

Superficies y cápsula articular

Las **superficies articulares** están representadas por las facetas auriculares del sacro y del coxal. La superficie del sacro está ligeramente deprimida y la del coxal, ligeramente elevada. Ambas, están revestidas de cartílago articular que tiende a ser fibroso, aunque en sus capas más profundas, y especialmente en la superficie sacra, puede ser hialino. La **cápsula fibrosa** se inserta en el contorno de ambas superficies y está revestida en su cara articular por una membrana sinovial.

Ligamentos

Se distingen en esta articulación un grupo de ligamentos que se disponen en la inmediata vecindad de la articulación, los ligamentos periarticulares, y unos ligamentos accesorios dispuestos a cierta distancia pero capaces de limitar los posibles movimientos articulares.

Ligamentos periarticulares (Figs. 5-29 a 5-30)

Reforzando el plano anterior de la cápsula se dispone el **ligamento sacroilíaco anterior**, que es un engrosamiento fibroso de la propia cápsula. En la región posterior de la articulación se superponen dos planos ligamentosos, uno profundo, el **ligamento sacroilíaco interóseo**, y uno superficial, el **ligamento sacroilíaco dorsal**.

El ligamento sacroilíaco interóseo es una potente masa fibrosa que se dispone entre las tuberosidades sacra e ilíaca situadas por detrás y por encima de las facetas auriculares. Su posición es muy profunda y de difícil observación en las preparaciones anatómicas, ya que en el plano dorsal está oculto por el ligamento sacroilíaco dorsal y en el plano anterior por la articulación. En el espesor de este ligamento pueden aparecer cavidades articulares accesorias.

El ligamento sacroilíaco dorsal se dispone asociado al plano más superficial del sacroilíaco interóseo y está formado por fibras de disposición oblicua que insertan en el coxal desde la parte posterior de la tuberosidad ilíaca hasta las proximidades de la espina ilíaca posterosuperior. Desde esta inserción, las fibras discurren oblicuamente para terminar en la cara posterior del sacro; las más profundas lo hacen a nivel de las crestas sacras intermedia y las más superficiales en la cresta sacra lateral.

Ligamentos accesorios (Fig. 5-29)

Son dos haces fibrosos denominados ligamentos **sacrotuberoso** (*sacrociático mayor*) y **sacroespinoso** (*sacrociático menor*) que se disponen en el espacio delimitado entre el borde lateral del sacro y el borde posterior del coxal, de modo que contribuyen a formar parte de la pared de la pelvis. Además de estos ligamentos, el **ligamento iliolumbar**, que se extiende desde la apófisis transversa de la 5.ª vértebra lumbar a la cresta ilíaca (véase Articulación lumbo-sacra), contribuye también a dar estabilidad a la articulación sacroilíaca.

El ligamento sacrotuberoso se inserta por su extremo caudal en la tuberosidad isquiática y sus fibras se dirigen en sentido craneal abriéndose en abanico para terminar a lo largo del borde lateral del sacro y en el extremo superior del cóccix. En su extremo más superior, algunas fibras alcanzan también las espinas posterosuperior y posteroinferior del coxal. En conjunto, el ligamento es más ancho en sus extremos de inserción que en la zona central, por lo que adquiere la forma de un «reloj de arena». La zona ensanchada a nivel de la inserción en el isquión determina la presencia de un refuerzo fibroso en esta región, denominado **proceso falciforme**.

El ligamento sacroespinoso tiene forma triangular y se dispone adosado a la superficie ventral (endopélvica) del ligamento sacrotuberoso. Por su vértice se inserta en la espina isquiática y por su base se inserta en el borde lateral del sacro y en el extremo superior del cóccix.

Los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso transforman las escotaduras isquiáticas mayor y menor del coxal en verdaderos orificios osteofibrosos, denominados respectiva-

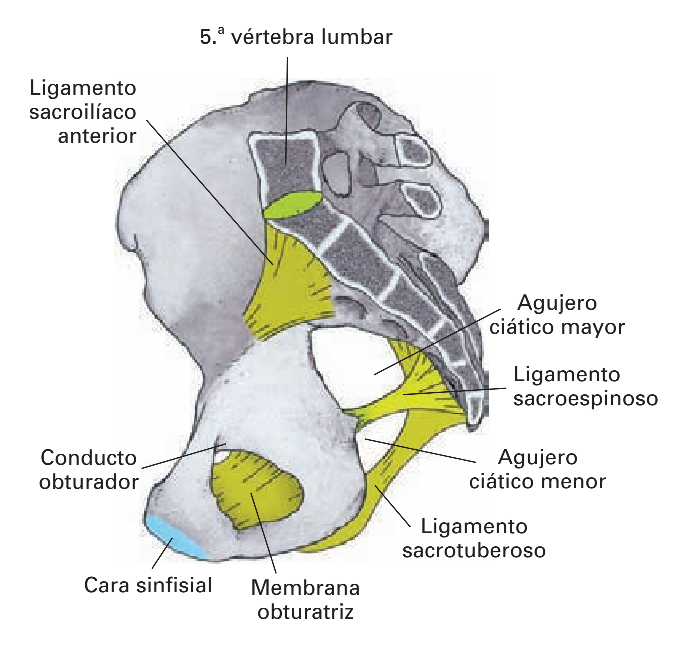


Figura 5-29. Mitad derecha de la cavidad pélvica tras practicar una sección sagital por el sacro y la sínfisis del pubis.

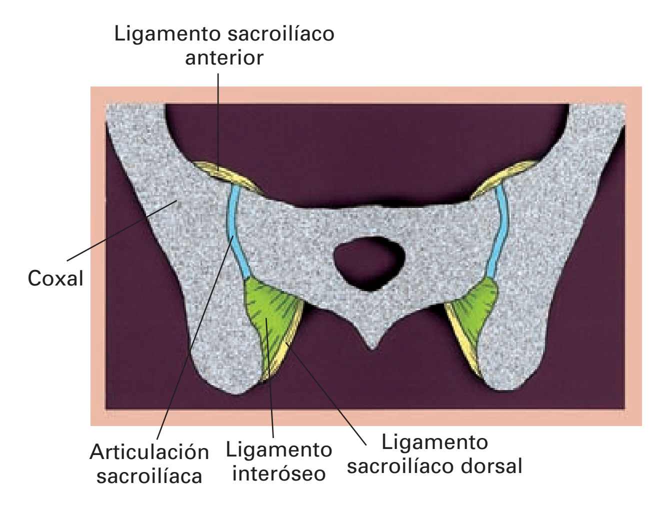


Figura 5-30. Sección horizontal de la cavidad pélvica a nivel de las articulaciones sacroilíacas.

mente **orificio ciático (isquiático) mayor** y **orifico ciático (isquiático) menor**, que permiten el paso de músculos, vasos y nervios desde el interior al exterior de la pelvis.

Dinámica funcional (Fig. 5-32)

El papel principal de esta articulación es la de transmitir el peso soportado por la columna vertebral hacia los huesos coxales y, por medio de éstos, hacia los huesos de la extremidad inferior. Tanto los ligamentos como las superficies articulares están dispuestos de manera que impiden los desplazamientos del sacro entre los huesos coxales. Así, debido a la carga mecánica que recibe, el sacro tiende a deslizarse hacia abajo entre los coxales. Este desplazamiento es evitado por la forma de cuña del sacro, por las irregularidades de las superficies articulares y por la acción de los ligamentos sacroilíacos, en particular del ligamento interóseo. Otro posible desplazamiento óseo neutralizado por la acción de los ligamentos es el balanceo del sacro según un eje transversal, de forma que el vértice se desplaza hacia atrás y la base hacia delante (movimiento de *nutación* del sacro). Los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso, junto con el ligamento iliolumbar, se oponen a estos desplazamientos. Sin embargo, durante el parto, debido a la relajación ligamentosa que se produce en la pelvis, el sacro es capaz de realizar una pequeña nutación que incrementa los diámetros pélvicos. Una vez que el feto es expulsado, el sacro retorna a la posición de origen (*contranutación*). Este movimiento se facilita porque la sínfisis púbica durante el parto (véase más adelante) también permite una ligera separación de los huesos coxales.

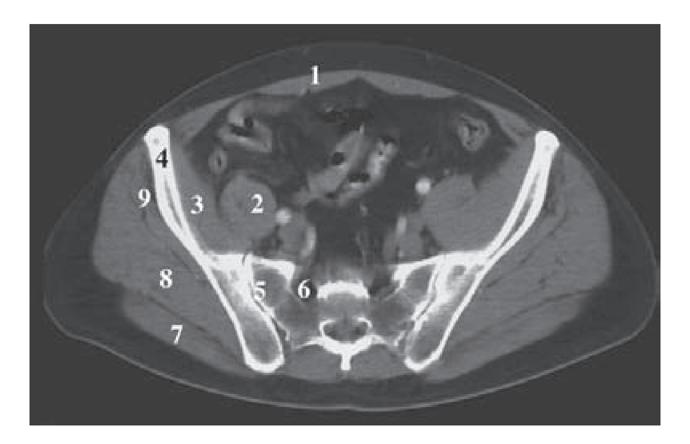


Figura 5-31. TC axial de la cavidad pélvica a nivel de las articulaciones sacroilíacas. 1) Músculo recto del abdomen. 2) Músculo psoas. 3) Músculo ilíaco. 4) Ilion. 5) Articulación sacroilíaca. 6) Agujero sacro anterior. 7) Músculo glúteo mayor. 8) Músculo glúteo mediano. 9) Músculo glúteo menor.

SÍNFISIS DEL PUBIS

Es una articulación impar y media que se establece entre la región púbica de ambos huesos coxales. Desde el punto de vista estructural, es una anfiartrosis, es decir, una articulación poco móvil en la que las superficies articulares se unen por medio de un tejido fibrocartilaginoso. Las superficies articulares se sitúan en la parte más anterior del borde inferior del coxal, a nivel del cuerpo del pubis. Ambas superficies articulares están revestidas de una fina capa de cartílago hialino y entre ellas se intercala una potente masa fibrocartilaginosa, el **disco interpúbico**. Esta estructura está revestida superficialmente de un capa fibrosa en la que se pueden distinguir engrosamientos ligamentosos, denominados **ligamentos púbicos** anterior, posterior, superior e inferior según la faceta del disco interpúbico al que se encuentran asociados. El inferior es muy prominente y por su aspecto recibe el nombre de **ligamento arqueado del pubis**.

En conjunto, el disco interpúbico y los ligamentos púbicos aseguran una unión estable de los hueso coxales pero, al tiempo, le confieren elasticidad. En el parto, las formaciones ligamentosas de la articulación se hacen más laxas permitiendo entonces que ambas superficies articulares pueden separarse muy ligeramente para facilitar la expulsión del feto.

PELVIS EN CONJUNTO

Tal como se ha descrito en el apartado de introducción al estudio de la pelvis, esta región constituye una amplia cavidad de paredes óseas, ligamentosas y musculares que se continúa cranealmente con la cavidad abdominal. Aloja en su interior la parte más caudal del aparato digestivo, la vejiga de la orina con la terminación de los uréteres y el comienzo de la uretra, y la mayoría de los órganos del aparato genital.

La pared ósea de la pelvis está formada por los huesos coxales, por el sacro y por el cóccix (Fig. 5-33). Los coxa-

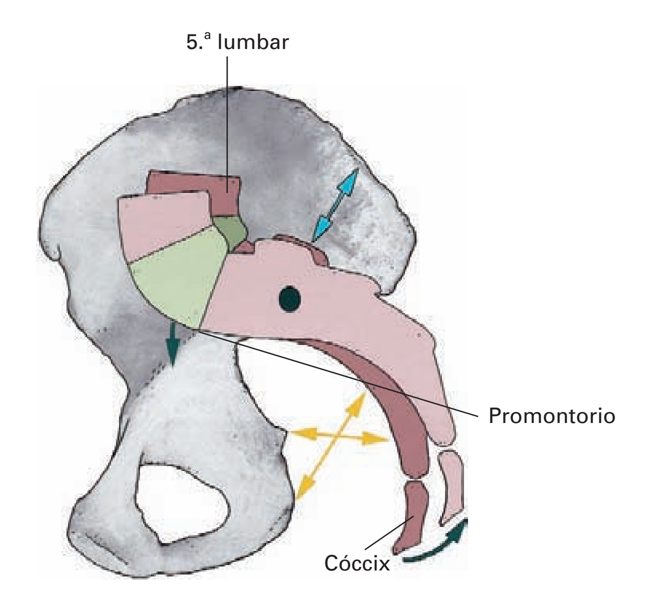


Figura 5-32. Esquema que muestra el eje y los movimientos de la articulación sacroilíaca. El sacro está representado en las posiciones de nutación (claro) y contranutación (oscuro). Las flechas amarillas representan la acción de resistencia de los ligamentos sacroespinoso y sacrotuberoso. La flecha azul indica la resistencia del ligamento sacroilíaco interóseo.

les forman la región anterior y lateral de la pelvis y en su extremo anterior se articulan entre ellos en la sínfisis púbica. El sacro presenta en su extremo inferior el cóccix y forma con él la región posterior de la pelvis articulándose con los coxales por su cara lateral. De esta manera se configura un anillo óseo con tres interrupciones articulares que le confieren elasticidad para amortiguar cargas y, permiten un pequeño incremento de tamaño durante el parto.

La porción ligamentosa de las paredes pélvicas (Fig. 5-29) está formada por la **membrana obturatriz**, que ocluye el agujero obturador a excepción del canal obturador, y por los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso, que se disponen en la amplia ranura que se establece por debajo de la articulación sacroilíaca, entre el sacro y los coxales. Como ya se ha descrito, la disposición de los ligamentos mencionados junto con la presencia de grandes escotaduras en el borde correspondiente del hueso coxal determina que este sector de la pared pélvica presente dos amplios orificios que permiten el paso de estructuras entre el interior y el exterior de la pelvis, los **orificios ciático mayor** y **ciatico menor**.

Asociados al interior de la pared pélvica cabe resaltar la presencia de dos importantes elementos musculares pertenecientes a la extremidad inferior, el músculo piriforme (*piramidal de la pelvis*) y el músculo obturador interno. El músculo piriforme se inserta en la cara anterior del sacro y se dirige hacia el exterior de la pelvis atravesando el orifico ciático mayor. De esta manera, forma una almohadilla blanda en la pared posterior de la pelvis y divide el orifico ciático mayor en dos regiones una supra y otra infrapiriforme. El músculo obturador interno se inserta en los contornos del agujero obturador, y en la membrana obturatriz y se escapa de la pelvis por el orificio ciático menor. La importancia de este músculo en la pelvis es la de formar una pared blanda en la región lateral de la cavidad pélvica. Por otro lado, la presencia de la membrana obturatriz y del músculo obturador determina que de este grande orificio sólo quede como comunicación entre el interior y el exterior de la pelvis su zona más superior, denominada **canal obturador** (*canal subpúbico*). Además de estos elementos musculares, el músculo ilíaco tapiza la fosa ilíaca interna de los coxales. Por otro lado, la abertura inferior que dejan los huesos de la pelvis está cerrada por una serie de planos fibromusculares que se describirán detalladamente más adelante.

Configuración interna de la pelvis: cavidad pélvica

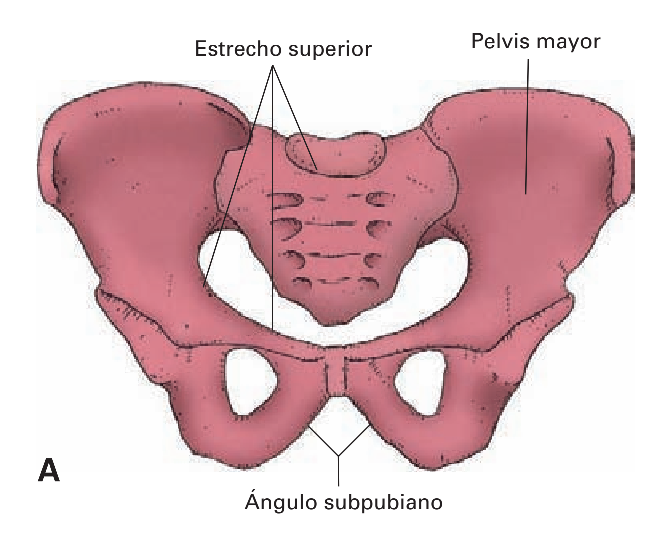
La cavidad que delimitan los elementos mencionados de las paredes pélvicas se denomina pelvis, que literalmente significa depresión o cavidad. Esta cavidad tiene forma de cuenco incompleto, abierto por arriba a la cavidad abdominal y cerrada por abajo por elementos fibromusculares denominados diafragma pélvico y periné. La orientación de la cavidad pélvica es compleja. En su parte superior es oblicua, de modo que la abertura superior de la pelvis mira ligeramente hacia delante, mientras que la parte inferior de la pelvis (pelvis menor) tiene una orientación preferentemente vertical.

El interior de la pelvis presenta una zona media estrechada, denominada **estrecho superior de la pelvis**, que la divide en dos regiones, la **pelvis mayor**, por encima del estrecho, y la **pelvis menor**, por debajo del estrecho (Fig. 5-33).

El *estrecho superior de la pelvis* se dispone en un plano oblicuo que sigue la dirección de la línea arqueada del coxal formando un ángulo de unos 48° con la horizontal. Se configura por los siguientes accidentes anatómicos: 1) en el plano medio y posterior, por el relieve del promontorio y el borde anterior de las alas del sacro; 2) hacia delante y a los lados por la línea arqueada del coxal; 3) más anteriormente, por la cresta pectínea; y finalmente, 4) en la zona media y anterior por el borde superior del pubis y de la sínfisis del pubis; al conjunto de todos estos accidentes se le denomina **línea terminal**.

La *pelvis mayor* (también llamada *pelvis falsa*) está formada por las alas del sacro y por las fosas ilíacas tapizadas por los músculos psoasilíacos y se continúa con el abdomen (Fig. 5-31).

La *pelvis menor* (*pelvis verdadera*) se dispone por debajo de la línea terminal comunicando, por lo tanto, con la pelvis mayor a través del estrecho superior de la pelvis. Por debajo, la pelvis menor presenta una amplia abertura de



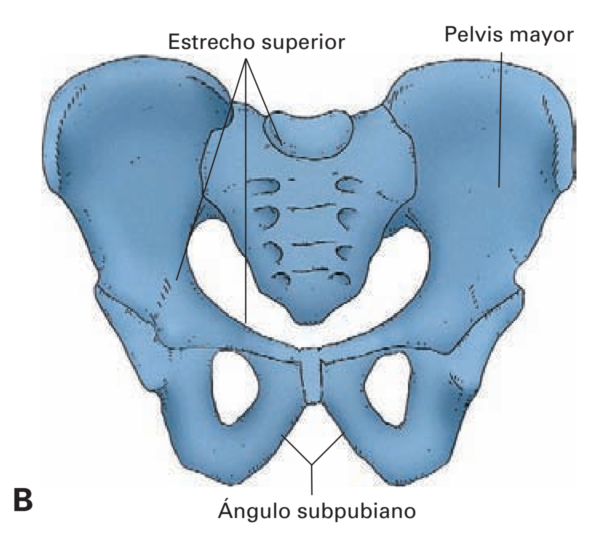


Figura 5-33. Visión anterior de la pelvis ósea femenina (A) y masculina (B).

silueta romboidal, el **estrecho inferior de la pelvis**, cuyos límites osteofibrosos son de delante atrás: el borde inferior de la sínfisis púbica, las ramas isquiopúbicas, el isquión, el ligamento sacrotuberoso y el cóccix.

> Durante el embarazo, el feto alojado en el interior del útero se sitúa en la pelvis mayor, por lo que durante el parto debe atravesar el estrecho superior de la pelvis y la pelvis menor. Por ello, los detalles anatómicos de esta región tienen gran importancia en obstetricia, ya que variaciones del patrón normal pueden ser un impedimento que no permita el parto.

Las paredes de la pelvis menor están formadas por toda la porción de la cara medial del coxal situada bajo la línea arqueda y por la cara anterior del sacro. Asociados a estas paredes óseas, destaca la presencia del músculo obturador interno cubriendo la membrana obturatriz y el músculo piramidd acoplado a la cara anterior del sacro, que aportan una consistencia más mullida a las paredes de la cavidad (Fig. 5-37). En la zona caudal de la cavidad se disponen los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso delimitando los agujeros ciáticos.

Diferencias sexuales de la pelvis (Fig. 5-34)

La morfología y la amplitud de la pelvis difieren entre el varón y la mujer. Este hecho no se debe solamente a las diferencias genéricas de los huesos entre ambos sexos (huesos más robustos y con los accidentes más acentuados en el varón). En la mujer, la pelvis es más ancha que en el varón debido a la necesidad de adquirir unas dimensiones mínimas para que se pueda producir el parto.

> Aunque existen diferencias perceptibles en la morfología de la pelvis entre los fetos masculinos y femeninos, el mayor crecimiento de la pelvis en la mujer tiene lugar durante la pubertad, por el efecto de las hormonas sexuales. La castración anterior a la pubertad impide, en parte, que la pelvis femenina adquiera sus dimensiones características.

Se pueden distinguir, por lo tanto, diferencias específicas y diferencias generales o inespecíficas entre las pelvis masculina y femenina.

Las *diferencias inespecíficas* se derivan del mayor desarrollo muscular en el varón, por lo que la pelvis masculina presenta mayor consistencia ósea y crestas y rugosidades de inserción muscular de mayor relieve. Así, es relativamente frecuente en la mujer que los alerones ilíacos puedan ser tan finos que incluso presenten una perforación en la zona central.

Las *diferencias específicas* son las derivadas de la adaptación de la pelvis femenina a la maternidad. Básicamente, se puede resumir diciendo que la pelvis femenina es más ancha y menos alta que la masculina, lo que conlleva modificaciones en la forma de muchos accidentes anatómicos. Así, los agujeros obturadores son más amplios y de silueta triangular en la mujer, mientras que en el varón son más pequeños y de silueta ovoide. Del mismo modo, el **ángulo subpúbico** que forman las ramas isquiopúbicas por debajo de la sínfisis del pubis es más abierto en la mujer (aproximadamente 90°) que en el varón (unos 75°), y el sacro femenino es más ancho y más corto que el masculino.

Algunas diferencias morfológicas de la pelvis femenina se trasladan a los huesos vecinos. Por ejemplo, dado que la pelvis femenina es más ancha, las fosas acetabulares están más separadas y, como consecuencia, el fémur se adapta a esta diferencia; aumenta en la mujer la angulación entre el cuello y la diáfisis (ángulo cérvico-diafisario).

Las diferencias morfológicas de la pelvis descritas arriba tienen interés en medicina forense y en estudios antropológicos para diagnosticar el sexo de restos óseos.



Figura 5-34. Esquema comparativo de las diferencias sexuales de la pelvis. Pelvis femenina (rojo) y pelvis masculina (azul). Nótese en la pelvis femenina la posición de los diámetros transversal y anteroposterior del estrecho superior.

Pelvimetría

En obstetricia, la evaluación morfológica de la pelvis se realiza por diferentes métodos pelvimétricos con el objetivo de determinar si las dimensiones de la pelvis son compatibles con el parto.

Para la **pelvimetría externa** se emplea un compás que permite medir distancias entre diferentes accidentes anatómicos, tales como los diámetros biespinoso (distancia entre las espinas ilíacas anterosuperiores), bicrestal (distancia entre los puntos más alejados de las crestas ilíacas), bitrocantéreo (distancia entre el trocánter mayor de ambos fémures) y conjugado externo (distancia entra la punta de la apófisis espinosa de la 5.ª lumbar y el borde superior de la sínfisis del pubis). Este método da una idea general de las características anatómicas de la pelvis, pero no permite asegurar que los diámetros internos garanticen un parto normal.

En la **pelvimetría interna** las dimensiones de la pelvis se evalúan por tacto vaginal. Mediante este procedimiento se puede calcular el diámetro anteroposterior del estrecho superior de la pelvis, ya que tanto el promontorio, como la sínfisis del pubis son fácilmente reconocibles por tacto vaginal.

La pelvimetría mediante técnicas radiológicas, de tomografía axial o resonancia magnética, es la forma más precisa de evaluar las medidas de la pelvis en el vivo. Aunque permite calcular todos los diámetros pélvicos, su utilización es restringida debido a los riesgos de la radiación sobre el feto y al coste elevado de estas exploraciones.

Diámetros pélvicos

Como se ha mencionado repetidamente, las características anatómicas de la pelvis son fundamentales en el parto y las zonas estrechas de la pelvis deben poseer una medida mínima para que un feto de tamaño normal pueda atravesarlas. Existen tres planos en los que la pelvis es más estrecha, por lo que su medición tiene interés clínico. Las zonas estrechas son el **estrecho superior**, el **inferior** y el **medio**.

Estrecho superior de la pelvis

En el **estrecho superior** son de interés clínico el diámetro anteroposterior, el transversal máximo y los oblicuos.

Diámetro anteroposterior (Figs. 5-34 y 5-35)

Existen diferentes criterios para definir el diámetro anteroposterior debido a los puntos de referencia que se emplean para medirlo. Se denomina **diámetro conjugado anatómico** o **verdadero** al diámetro anteroposterior calculado desde el centro del promontorio hasta el borde superior de la sínfisis del pubis. Desde el punto de vista práctico, el diámetro anteroposterior de más interés es el **conjugado obstétrico**, que se establece entre el promontorio y la cara posterior de la sínfisis del pubis, ya que es el que realmente define la zona más estrecha de paso del feto (mide normalmente 11 cm). Dado que en clínica no es posible medirlo por pelvimetría interna, se emplea el denominado **diámetro conjugado diagonal**, más fácil de evaluar, que es el diámetro anteroposterior que se extiende entre el promontorio y el borde inferior de la sínfisis del pubis, cuya medida es de 1.5 a 2 cm superior al obstétrico.

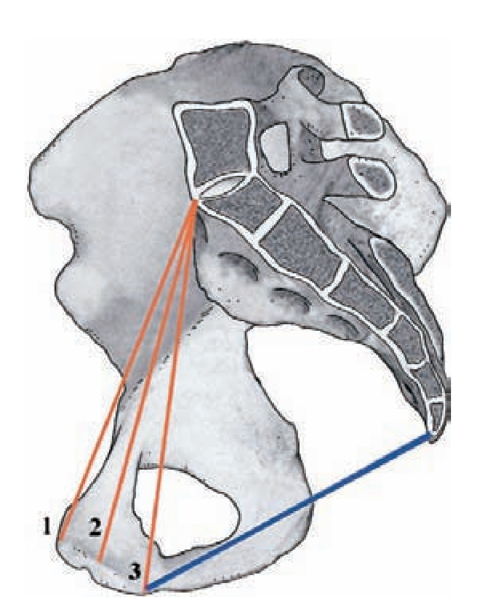


Figura 5-35. Sección sagital de la pelvis para mostrar los diámetros anteroposteriores de los estrechos superior (rojo) e inferior (azul). Diámetro conjugado anatómico (1); diámetro conjugado obstétrico (2); y diámetro conjugado diagonal (3).

Diámetro transversal

El **diámetro transversal máximo** es en la mayoría de las pelvis femeninas, la zona más amplia del estrecho superior de la pelvis, y se dispone unos 4 cm por delante del promontorio, a nivel de la eminencias iliopectíneas (su valor normal es de unos 13.5 cm).

Diámetro oblicuo

Los **diámetros oblicuos** se calculan entre la articulación sacroilíaca de un lado y la eminencia iliopectínea del lado opuesto (su valor normal es de unos 13 cm).

Estrecho medio de la pelvis

El **estrecho medio de la pelvis** es la zona de la pelvis menor, con menores dimensiones y corresponde al plano horizontal que pasa por la espinas isquiáticas. Es un punto donde la cabeza fetal puede quedar atascada durante el parto. La zona más estrecha de esta región corresponde a la línea transversal que se extiende entre las espinas isquiáticas y mide unos 10 cm.

Estrecho inferior de la pelvis

El **estrecho inferior de la pelvis** es la última estrechez que debe atravesar el feto durante el parto. En él se definen un **diámetro anteroposterior**, entre el borde inferior de la sínfisis del pubis y el extremo inferior del sacro, cuyas medidas oscilan entre 9.5 y 11 cm, y un **diámetro transversal** que se extiende entre la cara interna de ambas tuberosidades isquiáticas, cuya medida es de unos 11 cm.

Tipos de pelvis en la mujer

Dadas las variaciones individuales de la morfología de la pelvis, y debido a su trascendencia obstétrica, existen numerosos intentos de clasificar las pelvis de la mujer basándose los rasgos morfológicos de importancia para el parto. Existen clasificaciones basadas en diferentes criterios, pero la más extendida es la de Caldwell y Moloy. Según esta clasificación, se pueden agrupar las pelvis femeninas en cuatro biotipos:

Pelvis ginecoide, que constituye el patrón femenino típico (aparece en 50 % de las mujeres). En esta pelvis el estrecho superior tiene un aspecto redondeado y su diámetro transverso máximo es igual o ligeramente mayor que el diámetro anteroposterior.

Pelvis androide, que muestra un aspecto más parecido a una pelvis masculina. El estrecho superior de la pelvis tiene un aspecto triangular, por lo que el diámetro transverso máximo se sitúa en una posición muy posterior; además, el sacro está inclinado hacia delante.

Pelvis antropoide, que se caracteriza por un estrecho superior de forma ovoide con un predominio del diámetro anteroposterior sobre el transverso.

Pelvis platipeloide, que representa una forma extrema y poco frecuente (3 %) de pelvis ancha. En ella, el estrecho superior tiene una aspecto ovoide de eje mayor transversal y el sacro suele estar desplazado hacia atrás.

SUELO DE LA PELVIS

La cavidad pélvica se cierra parcialmente por un plano muscular denominado **diafragma pélvico** y por un conjunto de estructuras musculares y aponeuróticas que se denominan **periné**.

En cuanto a su origen evolutivo, los músculos que cierran la pelvis tienen una significación dispar, pero poseen en común el estar situados en esta región topográfica. Desde el punto de vista funcional, además de sostener las vísceras pélvicas participan en algunos aspectos de su fisiología (cierre de la uretra, cierre del ano, erección de los cuerpos eréctiles de los genitales externos y eyaculación en el varón).

Diafragma pélvico (Figs. 5-36 y 5-37)

El diafragma pélvico comprende dos músculos, el **elevador del ano** y el **coccígeo**, que forman un tabique cóncavo hacia arriba dispuesto entre las paredes de la pelvis menor dejando una abertura media que permite el paso de las vísceras hacia el exterior.

Músculo elevador del ano

Los músculos elevadores del ano forman una fina lámina muscular que desde una inserción amplia en las paredes

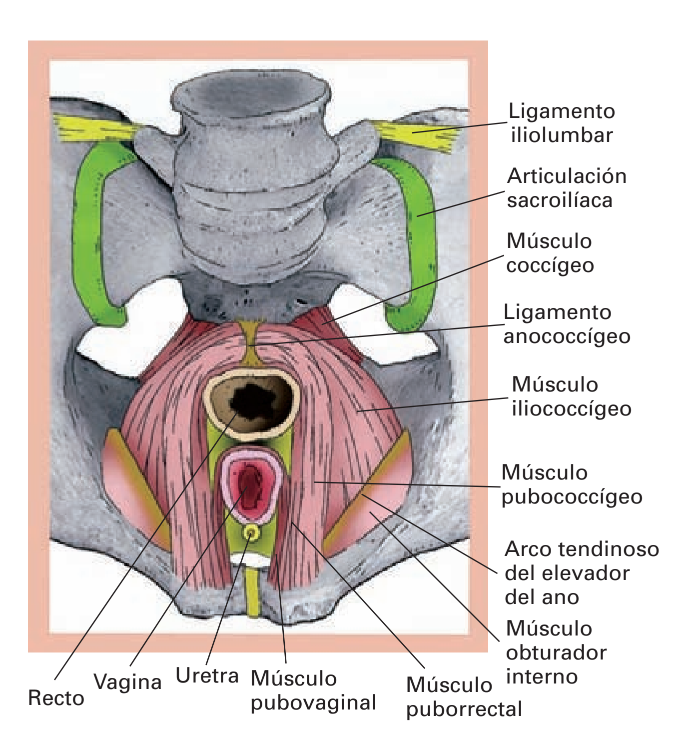


Figura 5-36. Visión superior de la cavidad pélvica femenina que muestra el diafragma pélvico. Los componentes del músculo elevador del ano están representados esquemáticamente.

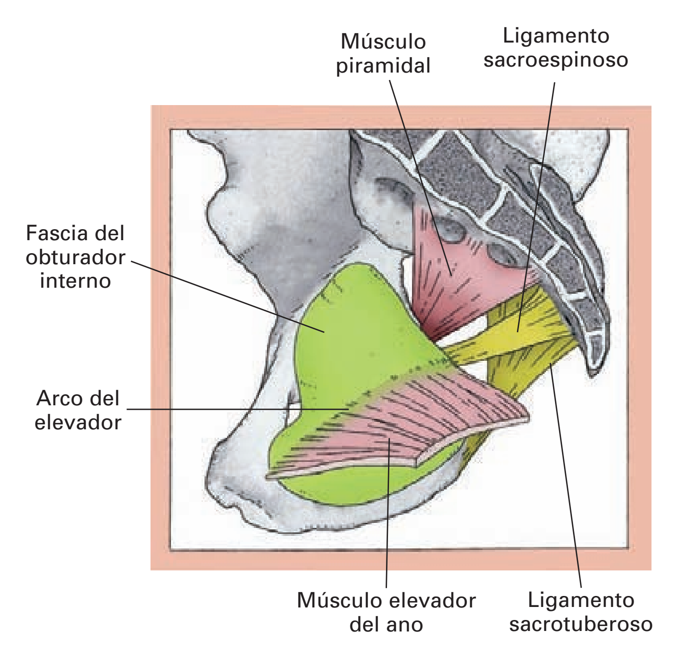


Figura 5-37. Sección sagital de la pelvis que muestra las partes blandas de la pared lateral y la disposición espacial del músculo elevador del ano.

anterior y lateral del la pelvis, se dirigen uno en busca del otro para unirse en la línea media y establecer así el cierre de la pelvis. Su unión, sin embargo, sólo ocurre en la parte más posterior de la pelvis, por lo que dejan una hendidura en el plano medio ocupada por la próstata en el varón y por la uretra y la vagina en la mujer.

En la pared pélvica, el músculo se origina a lo largo de una línea que incluye la cara posterior del pubis, la fascia del obturador interno y la espina isquiática. A nivel de la inserción en la fascia del obturador se establece un prominente arcada fibrosas; denominada **arco tendinoso del elevador del ano**.

Desde el origen mencionado, las fibras se dirigen hacia abajo, hacia atrás y hacia la línea media formando un amplio diafragma de concavidad superior que presenta una abertura en la línea media por detrás del pubis, por donde descienden la uretra rodeada de la próstata en el varón, y la uretra y la vagina en la mujer. La mayor parte de las fibras terminan por detrás de la vagina en las paredes del conducto anal, en el tejido fibroso perianal (incluido el **cuerpo perineal**, descrito más adelante), en el cóccix y en un rafe ligamentoso que se extiende entre el recto y el cóccix, denominado **ligamento anococcígeo** (**cuerpo anococcígeo**), pero alguna de sus fibras se agota antes de esta inserción uniéndose en el varón al tejido fibroso de la fascia que envuelve la próstata y en la mujer a la pared de la vagina.

Aunque el elevador del ano forma una lámina muscular continua, con arreglo a la disposición de las fibras y por su diferente inserción y significación funcional, se distinguen en él los siguientes fascículos (Fig. 5-36):

Músculo elevador de la próstata, que constituye las fibras más mediales del elevador del ano en el varón originadas en la inserción púbica, que se incorporan a la fascia prostática cuando discurren en su vecindad. Delimita con el músculo contralateral la hendidura media del diafragma pélvico. En la mujer está sustituido por el **músculo pubovaginal**, que posee una disposición similar pero termina en la pared vaginal.

Músculo puborrectal, que se dispone lateralmente al anterior. Se extiende desde el pubis hasta el recto, donde, inicialmente, forma un asa muscular que rodea la parte posterior del conducto anal y, luego, entremezclándose con las fibras musculares longitudinales propias del recto, se inserta en la piel de la región perianal y en el tejido fibroso dispuesto alrededor del ano. Las fibras de este fascículo mantienen desplazada ventralmente la parte más caudal del recto incurvándolo, lo que se denomina ángulo anorrectal (flexura perineal), que lo divide en un segmento superior pélvico y un segmento inferior perineal, el conducto anal.

Músculo pubococcígeo, que corresponde a las fibras dispuestas más lateralmente al puborrectal. Toma inserción en el pubis y se extiende hasta el ligamento anococcígeo y el coxis.

Músculo iliococcígeo, que es la porción más lateral y posterior del elevador del ano. Sus fibras arrancan de la fascia del obturador y de la espina isquiática y terminan en el ligamento anococcígeo y en el cóccix.

En los tratados clásicos se suele dividir al músculo elevador del ano en una **porción interna** o **elevadora**, que en grandes rasgos coincide con las fibras que arrancan del pubis y que, genéricamente, podrían denominarse porción pubococcígea del elevador del ano, y una **porción lateral** o **esfinteriana**, que se correspondería en gran medida con el fascículo iliococcígeo.

Desde el punto de vista de la anatomía comparada, el músculo elevador del ano se corresponde con los músculos *pubococcígeo* e *iliococcígeo*, que en otros vertebrados solamente se insertan en el cóccix, y son responsables de mover la cola hacia delante y atrás y hacia los lados, respectivamente. En el hombre estos músculos toman inserciones adicionales en las vísceras pélvicas (músculos elevador de la próstata, pubovaginal y puborrectal) y en el ligamento anococcígeo y se especializan en la sujeción de las vísceras pélvicas.

Debido a la disposición inclinada del músculo elevador del ano, entre la cara inferior de éste y la pared externa de la pelvis (representada por la porción del músculo obturador interno situada por debajo de la inserción del elevador del ano), se forma un amplio espacio topográfico, situado lateralmente con respecto a la región anal, denominado **fosa isquioanal** (*fosa isquiorrectal*). El suelo de esta región está formado por delante por el plano medio del periné, pero por detrás, se continúa con el tejido subcutáneo de la región anal. En el interior de la fosa isquioanal hay abundante grasa (**cuerpo adiposo de la fosa isquioanal**) que facilita la distensión del conducto anal. Además, aplicado a su pared externa discurre el paquete vasculonervioso pu-

dendo interno. La importancia clínica de la fosa isquioanal es que es un lugar de asiento de abscesos que pueden extenderse ampliamente por el periné y comunicarse con el recto o con el conducto anal.

Inervación. La inervación motora para este músculo procede de los nervios sacros tercero y cuarto, y las fibras alcanzan al músculo desde su cara superior pélvica como ramas colaterales del plexo, y desde su cara inferior perineal como colaterales del nervio pudendo.

Músculo coccígeo (Fig. 5-36)

El músculo coccígeo (*isquiococcígeo*) es una lámina muscular triangular (con frecuencia, una parte de sus fibras están sustituidas por haces fibrosos) que se inserta, por su vértice, en la espina isquiática y, por su base, en el borde lateral del sacro y en la cara anterior de las dos últimas vértebras sacras. Se dispone posteriormente al elevador del ano completando el diafragma pélvico y está aplicado sobre el ligamento sacroespinoso, al que suele estar soldado, ya que ambos comparten un origen evolutivo común.

Al igual que el elevador del ano, este músculo en los mamíferos cuadrúpedos forma parte del músculo iliococcígeo, cuya función es mover la cola. Al perderse esta función, las fibras musculares dan origen al ligamento sacroespinoso (ausente en los mencionados mamíferos) y al músculo coccígeo.

Inervación. El músculo coccígeo se inerva por ramas del cuarto nervio sacro.

Funciones del diafragma pélvico

El papel fundamental de los músculos del diafragma pélvico es constituir un cierre activo del suelo de la pelvis para mantener las vísceras en su posición. Ambos músculos mantienen una contracción tónica incluso durante el sueño y los aumentos de presión en la cavidad abdominal conllevan una contracción refleja de estos músculos para evitar el desplazamiento caudal de las vísceras pélvicas. Además, interviene junto con los músculos de las paredes abdominales en las actividades que requieren incrementar la presión abdominal.

El elevador del ano interviene también de forma específica en algunas fases del vaciamiento de las vísceras pélvicas. En la micción participan los fascículos denominados elevador de la próstata en el varón y el pubovaginal en la mujer. El puborrectal, al mantener la flexura perineal del recto, contribuye a evitar que las heces desciendan hacia el conducto anal y demorar la defecación. Sin embargo, una vez que se ha iniciado la defecación, el puborrectal tira hacia arriba de las paredes del conducto anal facilitando el descenso de las heces. La contracción del elevador del ano también facilita la expulsión de la cabeza fetal durante el parto y con alguna frecuencia sufre desgarros durante este proceso que pueden ser causa posterior de deficiencias en la sustentación de las vísceras pélvicas.

El músculo coccígeo es capaz de restablecer la posición de reposo del cóccix después de los desplazamientos posteriores que ocurren durante el parto y, en menor medida, en la defecación.

Fascias del diafragma pélvico

Los músculos del diafragma pélvico están recubiertos tanto por su cara superior endopélvica, como por su cara inferior por una fascia. La fascia es fina a todo lo largo de la cara inferior de los músculos y en la cara superior del músculo coccígeo, mientras que está engrosada a nivel de la cara superior endopélvica del elevador del ano (**fascia superior del diafragma pélvico**). En esta región aparece, además, el arco tendinoso del elevador del ano, que, como se ha descrito anteriormente, corresponde a la línea de inserción del elevador del ano sobre la fascia que reviste el músculo obturador.

La fascia del diafragma pélvico se considera como una parte de la aponeurosis que reviste todas las paredes de la pelvis y que recibe el nombre de **fascia pélvica parietal**. Hay que tener en cuenta además que la fascia pélvica parietal también se continúa con la fascia que reviste las vísceras, denominada fascia pélvica visceral. En algunos puntos de confluencia entre los sectores parietal y visceral de la fascia pélvica se forman engrosamientos que reciben denominaciones singulares, tales como **ligamentos pubovesicales** y **puboprostáticos**, que se describirán a propósito del estudio detallado de las diferentes vísceras pélvicas.

Periné

El periné está compuesto por las estructuras fibromusculares que cierran la abertura inferior de la pelvis. Desde el punto de vista estructural, comprende: láminas aponeuróticas; vientres de músculos estriados, implicados en la sujeción de las vísceras pélvicas y en la dinámica de los genitales externos; y, además, un importante conglomerado de fibras musculares lisas que, con frecuencia, se decriben como elementos musculares individuales.

Existen diferencias muy significativas entre el varón y la mujer, pero, en ambos casos, el periné comprende dos planos topográficos, uno profundo que se ha denominado *diafragma urogenital* y otro superficial asociado a los órganos genitales externos y al ano.

La cirugía de la próstata en el varón, la reparación de las lesiones del periné ocasionadas en algunos partos o la cirugía plástica de cambio de sexo son ejemplos de intervenciones que requieren un conocimiento muy detallado de la anatomía de esta región.

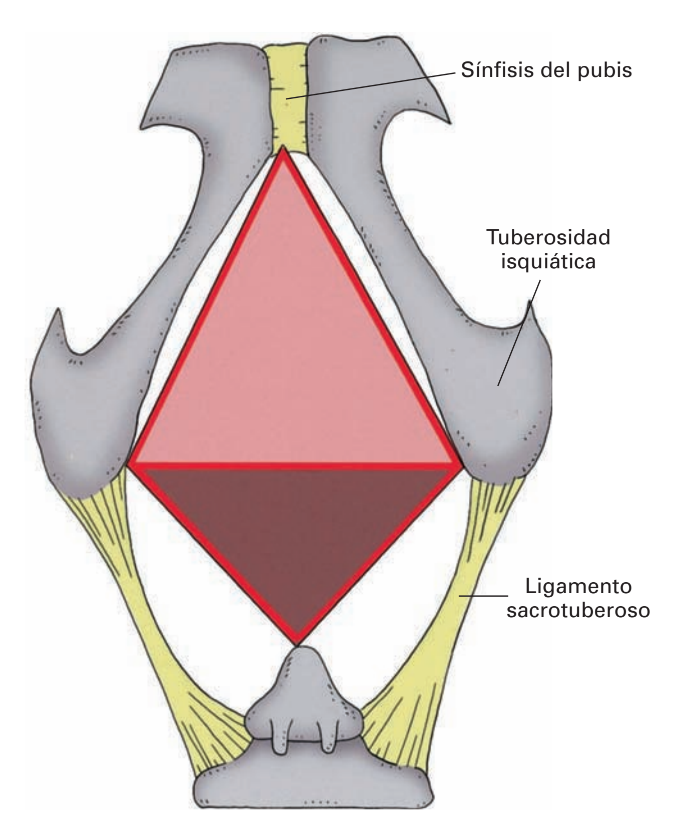


Figura 5-38. Visión caudal de la abertura inferior de la pelvis para mostrar los triangulos del periné. Triángulo urogenital (rojo claro) y triángulo anal (rojo oscuro).

Abertura inferior de la pelvis (Fig. 5-38). La abertura inferior de la pelvis tiene una silueta romboidal delimitada por delante por las ramas isquiopúbicas, y por detrás, por los ligamentos sacrotuberosos que desde las tuberosidades isquiáticas se extienden al sacro y cóccix. En esta abertura y separados por una línea que se extiende entre las dos tuberosidades isquiáticas se pueden distinguir un **triángulo anterior** o **urogenital**, de paso de las vísceras de estos aparatos (uretra y vagina en la mujer) y un **triángulo posterior** (triángulo anal), donde se abre el ano al exterior.

Plano perineal profundo (Figs. 5-39 y 5-40)

En el varón está constituido por dos músculos, el **transverso profundo del periné** y el **esfínter externo de la uretra**, envueltos en una potente fascia. En la mujer, el músculo transverso profundo está representando principalmente por fibras musculares lisas y, en su lugar, se localizan dos pequeños vientres asociados a las aberturas de la uretra y de la vagina, el **músculo compresor de la uretra** y el **músculo esfínter uretrovaginal**. Todas estas estructuras ocupan solamente el triángulo anterior urogenital de la abertura inferior de la pelvis.

Músculo transverso profundo del periné

Es un músculo de forma triangular, característico del periné masculino. Se origina es la rama del isquión, por delante de la tuberosidad isquiática. Desde este origen, se dirige transversalmente hacia la línea media confluyendo en una masa fibromuscular, el **cuerpo perineal** (véase después).

Desde el punto de vista funcional, se ha implicado al músculo transverso profundo del periné no solamente en la función de soporte de las vísceras pélvicas, sino también en la erección del pene, ya que al contraerse, comprime las venas procedentes de los cuerpos eréctiles.

Inervación: procede de las raíces sacras 2, 3 y 4 que alcanzan el músculo por la rama perineal del nervio pudendo.

Cuerpo perineal (*centro tendinoso del periné*[11] Figs. 5-39B y 5-40B). Como se ha dicho antes, es una masa fibromuscular que se sitúa ventralmente a la abertura anal y dorsalmente a los órganos urogenitales (uretra en el varón y vagina en la mujer), desempeñando un papel importante como elemento de soporte de las vísceras pélvicas. El cuerpo perineal da inserción no sólo al músculo transverso profundo, sino también a otros músculos del periné (elevador del ano, transverso superficial del periné, bulboesponjososo, esfínter externo del ano). Desde el punto de vista estructural, contiene tejido fibroso, fibras elásticas, fibras musculares lisas y fibras musculares estriadas procedentes de los músculos perineales que se insertan en él.

Episiotomía

Durante el parto, con alguna frecuencia, se producen desgarros del cuerpo perineal que pueden ocasionar alteraciones graves en la sustentación de las vísceras pélvicas (*prolapsos viscerales*). Con el fín de prevenir estos desgarros, la *episiotomía* es una práctica quirúrgica habitual que consiste en seccionar la pared vaginal y una parte del cuerpo perineal para facilitar la salida de la cabeza fetal.

Músculo esfínter externo de la uretra

Es un músculo presente tanto en el varón como en la mujer que se dispone rodeando la uretra membranosa. En el varón se extiende hacia arriba y rodea en parte la próstata. Contiene fibras, principalmente rojas (tipo I, resistentes a la fatiga), sin origen ni terminación evidente, que rodean la uretra como un maguito. Su papel funcional es mantener cerrada la uretra. Se relaja durante la micción y, al contraerse, la interrumpe.

[11] El término «tendinoso» ha sido suprimido de la nómina para hacer hincapié en que estructuralmente este componente perineal no es realmente una masa tendinosa.

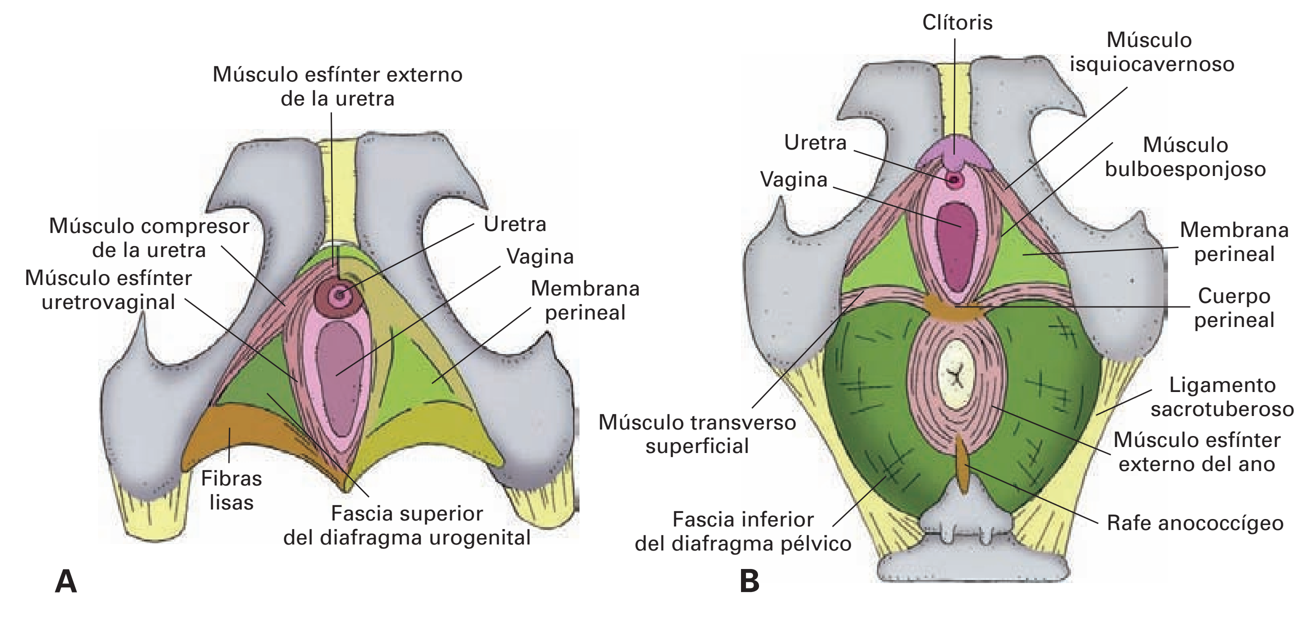


Figura 5-39. Visión inferior del periné femenino. Plano profundo (A) y plano superficial (B). En A, en el lado derecho del dibujo se ha representado parcialmente transparentada la fascia perineal.

Inervación: procede de los nervios sacros 2, 3 y 4 que alcanzan el músculo por la rama perineal del nervio pudendo.

Músculo compresor de la uretra (Fig. 5-39A)

Se denomina así a un conjunto variable de fibras musculares que se extienden desde las ramas isquiopúbicas, hasta el contorno anterior de la uretra femenina, continuándose con el esfínter externo descrito antes.

Músculo esfínter uretrovaginal (Fig. 5-39A)

Es un componente de fibras presentes en la mujer que rodean de forma conjunta a los orificios de la uretra y la vagina.

Tanto en este músculo como en el compresor de la uretra, predominan las fibras de contracción rápida (tipo II), y ambos desempeñan un papel complementario al del esfínter externo de la uretra en el cierre de la misma.

Fascia del plano perineal profundo

Los músculos del plano profundo del periné están incluidos en un estuche fibroso denominado **bolsa perineal profunda** (**espacio perineal profundo**), que se dispone en el triángulo anterior urogenital del periné. La bolsa perineal consta de dos hojas, una superior, que recubre la cara superior de los músculos, y es tenue, delgada e incompleta (*fascia superior del diafragma urogenital*), y otra inferior, mucho más densa (**membrana perineal**), que recubre la cara inferior de los mismos. En conjunto, la fascia tiene forma triangular y se une lateralmente en las ramas isquiopúbicas (rama inferior del pubis y rama del isquión) y posteriormente, en el cuerpo perineal. En las zonas donde no hay músculo, las dos hojas se encuentra adheridas e infiltradas por músculo liso. Además, en la membrana perineal se anclan los órganos eréctiles del pene y del clítoris. En el varón, la parte más anterior de la membrana situada por delante de la uretra está especialmente engrosada y recibe el nombre de **ligamento perineal transverso** (Fig. 5-40A). Entre el borde anterior del ligamento perineal transverso y el ángulo del pubis, la membrana está adelgazada y permite el paso de la vena dorsal del pene.

Plano perineal superficial (Figs. 5-39 y 5-40)

El plano perineal superficial contiene un único músculo en la región posterior rectal de la abertura pélvica, el **esfínter externo del ano**, y un grupo de músculos situados en la región anterior urogenital, que incluye el músculo **transverso superficial del periné** con función de sustentación del suelo pélvico y músculos asociados a los órganos eréctiles de los genitales externos. Estos músculos son los que muestran un patrón diferente según el sexo. En el varón son dos músculos, el **isquiocarvernoso** y el **bulboesponjoso**. En la mujer los músculos isquiocarvernoso y bulboesponjoso presentan diferencias asociadas a la diferente configuración de los órganos eréctiles femeninos, y además, hay un músculo adicional, el músculo **constrictor de la vulva**, ausente en el periné masculino.

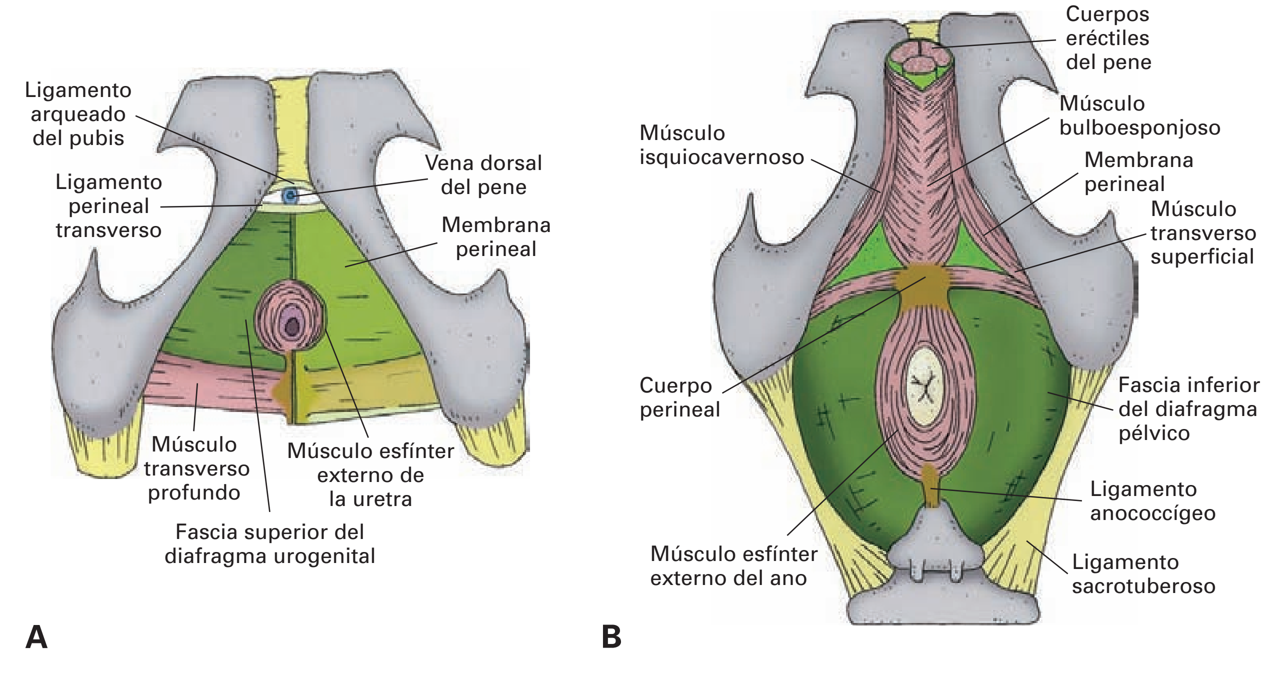


Figura 5-40. Visión inferior del periné masculino. Plano profundo (A) y plano superficial (B). En A, en el lado derecho del dibujo se ha representado parcialmente transparentada la fascia perineal.

Músculo esfínter externo del ano

Es un músculo único, con iguales características en el varón y en la mujer. Está formado por fibras en forma de arco que se disponen a ambos lados del conducto anal cruzándose en los extremos anterior y posterior del mismo para alcanzar el cuerpo perineal y el ligamento anococcígeo, respectivamente, donde se insertan. De esta manera, forman un anillo muscular alrededor del conducto anal en el que se pueden distinguir de superficial a profundo tres planos de fibras musculares: una *porción subcutánea*, cuyas fibras están por encima de la piel y muy próximas a la mucosa anal; una *porción superficial*, dispuesta algo más profunda que la anterior y que forma un grueso anillo separado de la mucosa anal por el esfínter interno del ano (esfínter de músculo liso formado por fibras musculares propias de la pared anal), y que incluye fibras que en el plano posterior se extienden hasta el cóccix; y una *porción profunda* que está entremezclada con las fibras del elevador del ano (véase Fig. 8-71).

La función del músculo consiste en cerrar el orificio anal. En reposo se mantiene en contracción tónica cerrando el orificio anal y durante la defecación se relaja. Además de esta función esfinteriana, las fibras del músculo participan en la función de sujeción del periné, anclando el cuerpo del periné al ligamento anococcígeo y al cóccix.

Inervación: por ramas del cuarto nervio sacro y de la rama rectal del nervio pudendo.

Músculo transverso superficial del periné

Es un músculo inconstante que presenta una disposición muy similar a la del transverso profundo. Arranca de la cara interna del isquión y la rama isquiopúbica, y termina en cuerpo perineal.

Desde el punto de vista funcional, el transverso superficial del periné interviene en la función de soporte del suelo pélvico; además, parece intervenir para fijar el cuerpo perineal y facilitar la acción de otros músculos del periné que toman inserción en él. Sin embargo, el hecho de ser un músculo inconstante indica que su importancia en la sustentación del suelo pélvico es relativa.

Inervación: se realiza a partir de la rama perineal del nervio pudendo.

Músculos asociados a los órganos eréctiles

En el plano perineal superficial se disponen los órganos eréctiles del pene en el varón y sus equivalentes en la mujer. Los órganos eréctiles constan de una envoltura fibrosa, la albugínea, que contiene en su interior el tejido eréctil formado por espacios vasculares que al llenarse de sangre ocasionan la erección. Los órganos eréctiles se unen a las estructuras del periné por medio de la albugínea y presentan asociados en su superficie una serie de músculos cuya función está relacionada con la erección.

Disposición en el varón (Fig. 5-40B)

En el varón, el pene se forma por la confluencia de dos cuerpos cavernosos de forma cilíndrica que presentan una raíz de origen anclada en las ramas isquiopúbicas, y por el cuerpo esponjoso, que es una estructura impar anclada en el diafragma urogenital por delante del cuerpo perineal, donde tiene una dilatación denominada bulbo del pene. Asociados a estas estructuras se disponen los músculos isquiocarvernosos y bulboesponjosos.

Músculo isquiocavernoso

Es una lámina muscular asociada a los cuerpos cavernosos. Se inserta en el isquión y en la rama isquiopúbica en el contorno de la inserción de la raíz del cuerpo cavernoso. Desde su origen, las fibras musculares forman una lámina que reviste la superficie del cuerpo cavernoso terminando a una distancia variable en la envoltura albugínea de esta estructura. El músculo recubre inicialmente la cara inferior no adherente de la raíz del cuerpo cavernoso, y cuando el cuerpo cavernoso se hace libre para incorporarse al pene, se extiende hasta su cara superior. Las fibras del músculo isquiocavernoso se agotan cuando el cuerpo cavernoso entra en contacto con el cuerpo esponjoso.

Inervación: se realiza a partir de la rama perineal del nervio pudendo.

Músculo bulboesponjoso

Los músculos bulboesponjosos (*músculo bulbocavernoso*) se sitúan a ambos lados de la línea media, formando entre los dos un canal abierto hacia arriba acoplado al bulbo del pene.

El músculo se origina en el cuerpo perineal y su inserción se extiende hacia delante, formando un rafe de unión con el músculo del lado opuesto que recorre la línea media de la superficie del bulbo del pene. Desde este origen, las fibras musculares se acoplan a la superficie del cuerpo eréctil rodeándola. Algunas fibras se agotan en la membrana perineal, en los márgenes adherentes del bulbo del pene, y otras, más anteriores, se extienden hasta alcanzar la superficie dorsal del cuerpo esponjoso uniéndose a su albugínea. Finalmente, otras fibras, aún más anteriores, se extienden hasta la zona de confluencia con los cuerpos cavernosos rodeándolos hasta alcanzar la fascia dorsal del pene, donde se insertan.

Función

Los músculos isquiocarvernoso y bulboesponjosos, al comprimir la raíz de los cuerpos eréctiles, dificultan el retorno venoso, por lo que ayudan a conservar la erección. Además, el bulboesponjoso se contrae al final del la micción para expulsar la últimas gotas y también en la eyaculación facilitando la expulsión del semen.

Inervación: se realiza a partir de la rama perineal del nervio pudendo.

Disposición en la mujer (Fig. 5-39B)

En la mujer, los cuerpos cavernosos son más pequeños y forman el clítoris, y el cuerpo esponjoso está sustituido por los bulbos vestibulares, que son dos cuerpos eréctiles dispuestos lateralmente al orificio vaginal.

El **músculo isquiocavernoso** es similar al del varón y se asocia a la raíz de los cuerpos cavernosos del clítoris. Por el contrario, los **músculos bulboesponjosos** son diferentes de los del varón, ya que se encuentran separados uno del otro por el orificio vaginal. Se originan en el cuerpo perineal y discurren a los lados del orificio vaginal, cubriendo primero la superficie de la **glándula vestibular mayor** y luego, la superficie del **bulbo del vestíbulo**. Las fibras más profundas se agotan en la albugínea del bulbo del vestíbulo, mientras que las más superficiales se extienden hacia delante hasta alcanzar la albugínea de los cuerpos cavernosos del clítoris.

Además de los músculos mencionados que rodean el orificio vaginal, se dispone el **músculo constrictor del vestíbulo de la vagina** (músculo constrictor de la vulva). Este músculo está formado por fibras que se originan del cuerpo perineal y rodean el contorno del orificio vaginal, para terminar en el tejido conectivo de la pared anterior de la vagina.

Desde el punto de vista funcional, los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso en la mujer, al igual que en el varón facilitan la erección de los órganos eréctiles. Además, el constrictor del vestíbulo de la vagina y el bulboesponjoso, al contraerse, comprimen el orificio vaginal.

Fascia perineal

Se dispone por debajo de la piel y el tejido subcutáneo cubriendo solamente el triángulo anterior urogenital del periné. En los márgenes laterales se une a las ramas isquiopúbicas y en el plano posterior, en la línea media, se adhiere al cuerpo perineal y lateralmente a éste, se suelda con la membrana perineal. Se denomina **espacio perineal superficial** (*bolsa perineal superficial*) al espacio virtual comprendido entre esta fascia y la membrana perineal donde se localizan los órganos eréctiles y los músculos de este plano.

En el varón, la fascia perineal se continúa anteriormente con la fascia profunda del pene. En la mujer, aunque también es continua con la fascia del clítoris, por detrás de esta estructura se pierde en el espesor de los labios menores dejando, por lo tanto, una abertura media que permite el paso de la uretra y de la vagina.

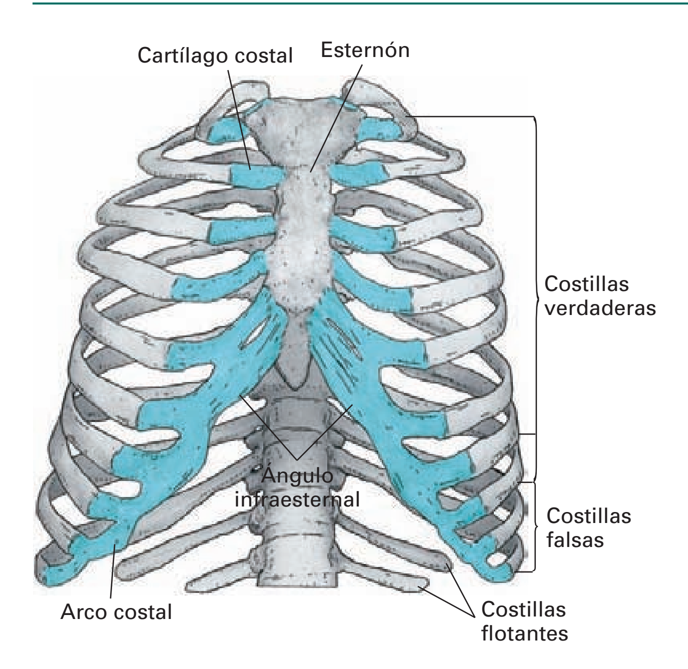


Figura 5-41. Visión anterior del tórax.

TÓRAX[12]

En la región torácica del tronco, la columna vertebral posee asociados una serie de elementos esqueléticos adicionales que configuran en conjunto la **caja torácica** (Fig. 5-41), donde se alojan entre otros órganos los pulmones y el corazón. Las paredes de la caja torácica, desde el punto de vista esquelético, están formadas posteriormente por el segmento torácico de la columna vertebral, en la parte anterior por el esternón, y extendiéndose entre ambos elementos se disponen, a cada lado, 12 arcos costales constituidos a su vez por un segmento posterior óseo, las costillas, y un segmento anterior cartilaginoso, los cartílagos costales.

Las paredes esqueléticas del tórax se completan por diversos elementos musculares formando en conjunto una cavidad abierta por arriba al cuello y separada por debajo de la cavidad abdominal, con la que presenta importantes comunicaciones. El principal cometido de la cavidad torácica es proteger los órganos vitales que contiene en su interior (pulmones, corazón) y, especialmente, configurar una especie de fuelle móvil que permite los movimientos respiratorios.

HUESOS DEL TÓRAX

Esternón (Fig. 5-42)

El esternón[13] es un hueso impar, situado en el plano anterior del tórax en una posición muy superficial, por lo que puede palparse a través de la piel. Su forma es alargada y plana, de modo que se asemeja a un puñal de unos 15 a 20 centímetros de longitud dispuesto en la línea media del tórax. En su extremo superior se articula con las clavículas y a lo largo de su borde lateral presenta uniones articulares con los cartílagos costales. El esternón realmente no es una pieza ósea única, sino que está formado por tres segmentos unidos entre sí por cartílago, aunque en los adultos y los ancianos los tres segmentos están soldados en una pieza única. El segmento superior es la región más robusta y recibe el nombre de **manubrio** (*pre-esternón*). El segmento medio, denominado **cuerpo del esternón** (*meso-esternón*), puede estar compuesto en los sujetos jóvenes de cuatro segmentos (*esternebras*) unidos entre sí también por cartílago. El segmento inferior forma una estructura prominente y aplanada, la **apófisis xifoides**[14] (*meta-esternón*), que hasta la edad madura de la vida permanece separada por cartílago del resto del hueso. El manubrio y el cuerpo forman un ligera angulación abierta hacia atrás, **ángulo del esternón** (*ángulo de Louis*).

En conjunto, se pueden distinguir en el esternón dos caras, anterior y posterior; dos bordes laterales; y dos ex-

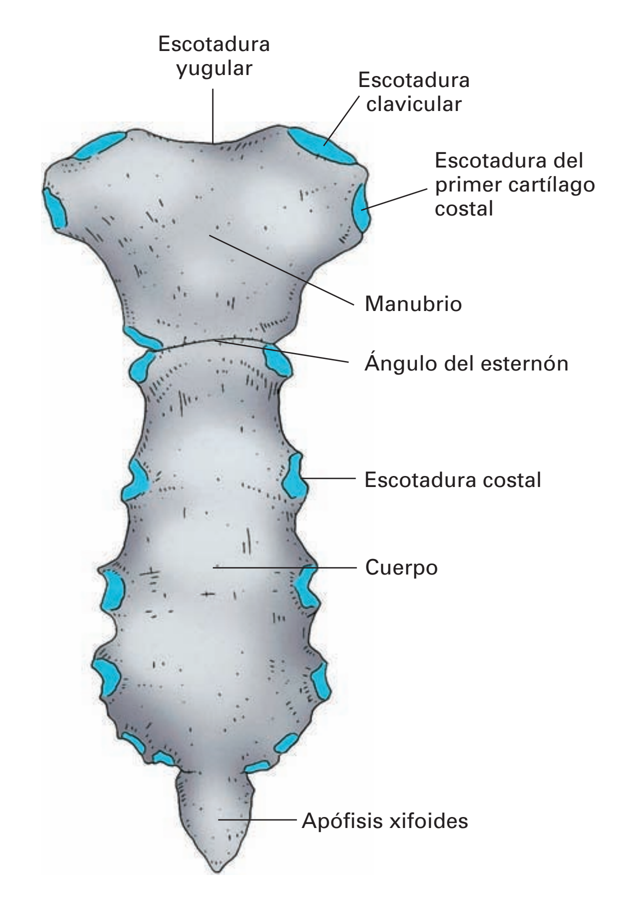


Figura 5-42. Visión anterior del esternón.

---

[12] Tórax procede del griego y se refiere a la parte de la armadura que protege el pecho y el abdomen.

[13] Esternón del griego *stereos* = duro. Porque es la parte más dura bajo la piel del tórax.

[14] Xifoides palabra griega que significa espada.

tremos, uno superior y otro inferior representado por la apófisis xifoides.

La cara anterior es plana y palpable bajo la piel; presenta por un lado el relieve que marca el ángulo del esternón entre el manubrio y el cuerpo y cuatro tenues crestas transversales a nivel del cuerpo que marcan la zona de fusión entre las cuatro piezas del cuerpo esternal. Entre el cuerpo y la apófisis xifoides aparece una pequeña depresión **fosa epigástrica** (fosita supraxifoidea, o boca del estómago).

La cara posterior también es aplanada y ligeramente cóncava.

En los bordes laterales aparecen 7 escotaduras articulares para los cartílagos costales. La primera se dispone en la región del manubrio, la segunda en el límite entre manubrio y cuerpo, y el resto se dispone a nivel del cuerpo, salvo la séptima, que aparece en el límite entre cuerpo y apófisis xifoides.

La extremidad superior corresponde a la región del manubrio y presenta una escotadura media, la **escotadura yugular** (*horquilla esternal*). A ambos lados de la escotadura yugular se sitúan las **escotaduras claviculares** que son superficies articulares para el extremo interno de las clavículas. Caudalmente con respecto a la escotaduras claviculares aparece la escotadura para el primer cartílago costal.

Estructura

El esternón es estructuralmente un hueso plano, formado por tejido óseo esponjoso recubierto por una fina lámina de tejido óseo compacto. El hecho de ser un hueso muy superficial determina que se emplee en clínica para, por medio de *punciones esternales*, obtener muestras de médula ósea.

Osificación

Desde el punto de vista de su desarrollo, el esternón se forma por la fusión en la línea media de dos hemi-esbozos que dan lugar a una maqueta cartilaginosa en la que de forma progresiva van apareciendo diferentes centros de osificación. Estos centros de osificación presentan variaciones, pero en general son pares, en consonancia con el origen par del hueso. El primer centro, generalmente impar y medio, aparece en el manubrio (5.º mes de desarrollo intrauterino) y, posteriormente y antes del nacimiento, aparecen de craneal a caudal centros pares para las diferentes piezas del cuerpo (esternebras). El centro de osificación para la apófisis xifoides suele ser único y es el más tardío (tercer año de vida o más tarde). Como se ha descrito, en los jóvenes los tres componentes del esternón, manubrio, cuerpo y apófisis xifoides están aún separados por cartílago (sincondrosis esternales). La osificación total del esternón en una pieza única no se completa hasta la vejez.

Variaciones

Las variaciones morfológicas del esternón son frecuentes. Afectan de forma muy habitual a la apófisis xifoides y, también, al ángulo esternal, que puede variar tanto en amplitud como en posición. En ocasiones, aparece una perforación en el cuerpo del esternón (*foramen esternal*) como consecuencia de una fusión incompleta de los dos esbozos esternales. También pueden aparecer unos pequeños *huesecillos supraesternales* a los lados de la escotadura yugular que con la edad se articulan o se fusionan al manubrio esternal.

Costillas

Son 12 pares de piezas óseas en forma de arco que se extienden desde la columna vertebral en dirección al esternón. Morfológicamente son huesos alargados, pero estructuralmente son huesos planos. Por su extremo anterior se prolongan mediante un cartílago costal, que es el que establece la unión con el esternón. Se distinguen tres tipos de costillas según la forma de unión con el esternón: las siete primeras, denominadas **costillas verdaderas**, se unen por su cartílago al esternón formando entre ambos un arco completo; a la 8.ª, 9.ª y 10.ª se las denomina **costillas falsas**, ya que sus cartílagos, en lugar de ir a terminar directamente en el esternón, se unen al séptimo cartílago costal, que es el que contacta con el esternón; finalmente, a las costillas 11.ª y 12.ª se las denomina **costillas flotantes** porque sus cartílagos terminan de forma libre sin unirse al esternón.

Existen una serie de rasgos generales comunes a todas las costillas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que todas ellas son diferentes. Así, su tamaño se va incrementando de la primera a la séptima y, a partir de la octava, nuevamente vuelven a disminuir progresivamente de tamaño. Por otro lado, las 2 primeras y las 3 últimas presentan rasgos peculiares que describiremos individualmente. Las costillas comprendidas entre la 3.ª y la 9.ª son las que comparten más características comunes, que serán descritas a continuación como costilla típica.

Costillas tipo (Fig. 5-43)

Cada costilla típica tiene forma de arco dispuesto entre las vértebras y el esternón contribuyendo a formar las paredes del tórax. Para adaptarse a esta disposición se encuentran incurvadas sobre todos sus ejes. Así, se dice que las costillas están *incurvadas sobre sus caras*, ya que primero siguen un trayecto hacia atrás y afuera, luego hacia adelante y, finalmente, hacia adentro. En las zona de cambio de dirección se forman dos angulaciones una posterior más acusada, **ángulo costal** (*ángulo costal posterior*), y otra anterior más tenue, **ángulo costal anterior**. Además, su disposición no es horizontal, sino que desde la vértebra al esternón siguen un trayecto oblicuo hacia abajo, cuya inclinación varía a lo largo del recorrido de la costilla, («*curvatura de las costillas según los bordes*»). Finalmente, se dice que las costillas están *incurvadas sobre su eje*, porque en la parte posterior, la cara superficial mira hacia atrás y abajo, mientras que en el extremo anterior mira hacia arriba y hacia delante.

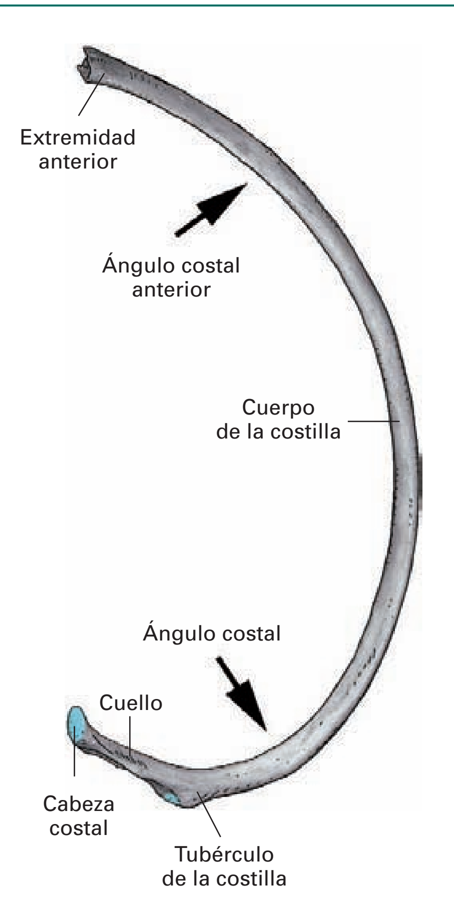


Figura 5-43. Visión superior de una costilla.

Desde el punto de vista anatómico, se pueden distinguir en ellas un **cuerpo** y dos **extremidades**.

La **extremidad posterior** consta de tres partes: **cabeza**, **cuello** y **tubérculo**.

La cabeza es una zona abultada en forma de cuña que queda engastada entre dos cuerpos vertebrales para los que presenta sendas superficies articulares planas. La faceta articular inferior contacta con el borde superior de la vértebra correspondiente, y la faceta superior contacta con el borde inferior del cuerpo de la vértebra inmediatamente superior. Al borde libre que separa las superficies articulares se le denomina **cresta de la cabeza de la costilla**, y da inserción a un ligamento articular.

El cuello se dispone entre la cabeza y el cuerpo de la costilla.

El tubérculo de la costilla es un abultamiento dirigido hacia atrás que se dispone a nivel de la confluencia entre el cuello y el cuerpo. Posee una superficie articular para la apófisis transversa de la vértebra correspondiente.

El **cuerpo** es aplanado con una cara externa convexa y una cara interna cóncava separadas por un borde superior y un borde inferior. En la cara interna y en la proximidad del borde inferior se encuentra el **surco costal**, por donde discurren los vasos y nervios intercostales. El cuerpo inicialmente continúa la dirección del cuello, pero pronto se incurva hacia delante formando el ángulo de la costilla. En la parte anterior, el cuerpo se incurva nuevamente para dirigirse medialmente hacia el esternón formando el ángulo costal anterior.

La **extremidad anterior** de la costilla se une al cartílago costal.

Costillas con rasgos específicos

Primera costilla (Fig. 5-44). Es una costilla pequeña y ancha, aplanada en sentido craneocaudal, por lo que, a diferencia de las costillas típicas, su cuerpo posee una cara anterosuperior y una cara posteroinferior sin surco costal. En la cabeza tiene una única superficie articular para el cuerpo de la primera vértebra torácica. En la cara superior del cuerpo aparece un relieve de inserción muscular, el **tubérculo del escaleno anterior** (*tubérculo de Lisfranc*). Por delante de este tubérculo se sitúa un surco para la vena subclavia, y por detrás otro surco para la arteria subclavia.

Segunda costilla (Fig. 5-45). Es bastante más larga y más estrecha que la primera costilla. El cuerpo carece de curvatura sobre su eje y es aplanado en sentido craneocaudal, de forma que posee una cara externa que mira hacia afuera y arriba, y una interna de orientación opuesta que no posee surco costal. En la cara externa se observa una rugosidad de inserción del músculo serrato anterior.

Undécima y duodécima costillas. Su cabeza posee una única superficie articular para el cuerpo de la vértebra correspondiente (este rasgo puede estar presente también en la 10.ª costilla). No poseen tubérculo y, por tanto, carecen de articulación con las apófisis transversas.

Estructura

Las costillas son estructuralmente huesos planos, es decir, constan de tejido óseo esponjoso revestido de una lámina de tejido óseo compacto.

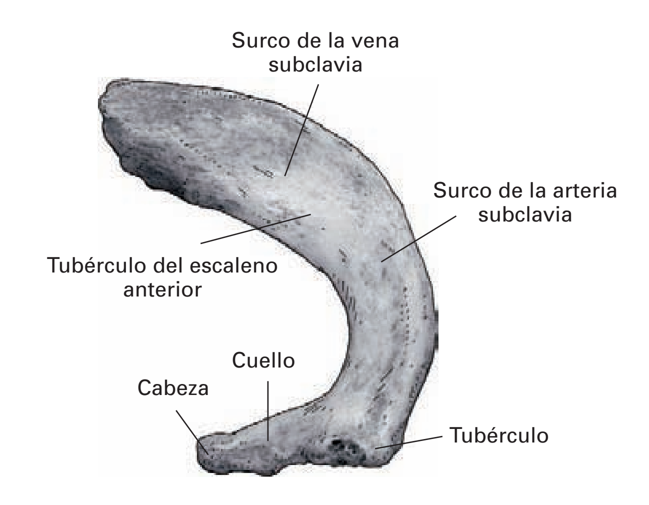


Figura 5-44. Visión superior de la primera costilla.

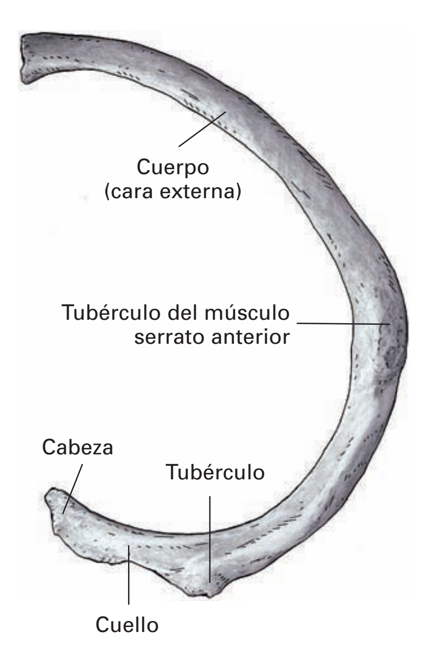


Figura 5-45. Visión superior de la segunda costilla.

> Las fracturas de las costillas son frecuentes y pueden ser especialmente graves cuando la fractura afecta a varias costillas ya que puede ser causa de alteraciones dinámicas del tórax que impiden los movimientos globales de fuelle de la caja torácica.

Osificación

Desde el punto de vista del desarrollo, la maqueta cartilaginosa de las costillas presenta un núcleo primario de osificación que aparece en el segundo mes de vida intrauterina en el cuerpo y centros secundarios en la cabeza y tubérculo costal, que se desarrollan tardíamente alrededor de la pubertad.

Variaciones

Las variaciones numéricas por exceso son frecuentes en las costillas; pueden aparecer costillas supernumerarias a nivel de la última vértebra cervical o de las primeras vértebras lumbares. Las costillas supernumerarias, en general, terminan de forma libre sin unirse con el esternón.

> La presencia de una *costilla cervical* ocasiona con frecuencia compresiones de los vasos y nervios de la extremidad superior en su trayecto por la base del cuello, de considerable importancia clínica (*síndrome de la costilla cervical*; véase Plexo braquial y arteria subclavia).

Las variaciones numéricas por defecto son excepcionales, aunque la primera costilla puede ser rudimentaria o aparecer parcialmente soldada a la segunda. La última costilla también puede faltar.

Cartílagos costales

Se disponen prolongando el extremo anterior de las costillas, de forma que el pericondrio se continúa con el periostio de la costilla. Los siete primeros contactan con el esternón, estableciendo articulaciones sinoviales con las hendiduras costales presentes en su borde lateral. Los cartílagos 8.º, 9.º y 10.º tienen un trayecto ascendente hasta contactar con el cartílago superior, al que se unen en su borde inferior por medio de una articulación sinovial (8.º y 9.º) o mediante un tejido fibroso de unión (10.º). Los cartílagos 11.º y 12.º terminan de forma libre.

En los ancianos es frecuente la presencia de osificaciones en los cartílagos costales.

ARTICULACIONES DEL TÓRAX

Las uniones articulares del tórax contribuyen a establecer una región anatómica integrada funcionalmente dentro del tronco, cuyas paredes poseen la rigidez suficiente para proteger a los órganos alojados en su interior, y al tiempo, están dotadas de la movilidad y elasticidad necesaria para permitir los movimientos respiratorios. Además, a nivel del tórax se ancla la extremidad superior por medio de la articulación esternoclavicular, la cual se estudiará a propósito de la extremidad superior.

En este capítulo se estudian las articulaciones entre las costillas y las vértebras, que son fundamentales para comprender la dinámica respiratoria, y las articulaciones de los cartílagos costales con las costillas y el esternón. Las uniones fibrocartilaginosas de las diferentes piezas del esternón entre sí tienen como significación elaborar una pieza esquelética única y carecen de importancia en la dinámica respiratoria, aunque la unión entre manubrio y cuerpo del esternón motiva pequeños desplazamientos en los movimientos respiratorios.

Articulaciones costovertebrales

La unión entre las costillas y la columna vertebral se realiza a través de un complejo articular que incluye la articulación entre las cabezas de las costillas y los cuerpos vertebrales (**articulación de las cabezas de las costillas**), y la articulación de los tubérculos costales con las apófisis transversas (**articulación costotransversaria**). Estas articulaciones se completan por una serie de ligamentos que no sólo refuerzan las uniones articulares, sino que fijan las costillas a las vértebras condicionando la libertad de movimientos.

Articulación de las cabezas de las costillas
(Figs. 5-46, 5-47 y 5-48)

Las costillas típicas poseen una cabeza en forma de cuña con dos superficies articulares, una superior para el borde

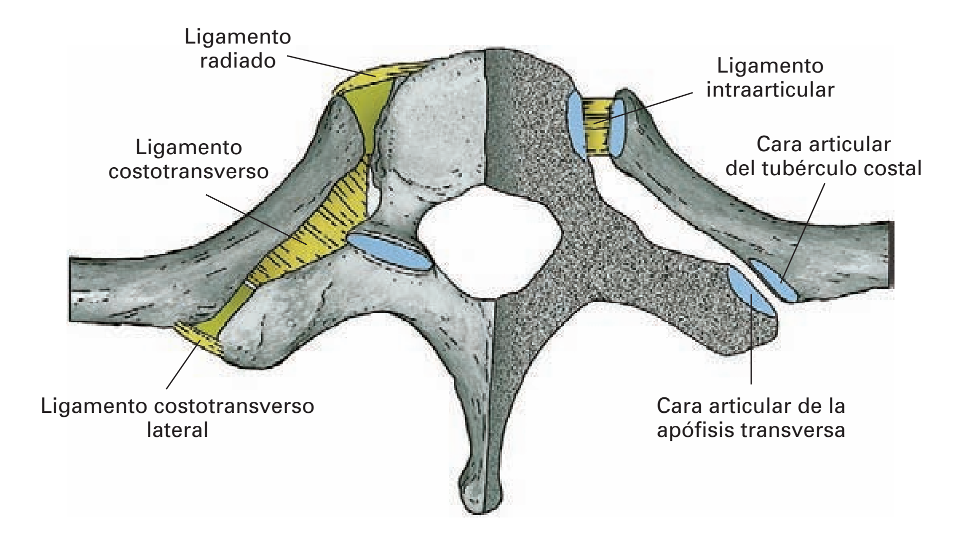


Figura 5-46. Esquema de las articulaciones costovertebrales. En el lado derecho del dibujo, la vértebra se ha seccionado horizontalmente para descubrir la zona de contacto entre el cuerpo vertebral y la cabeza costal.

inferior del cuerpo la vértebra suprayacente, y otra inferior para el borde superior del cuerpo de su vértebra correspondiente. Todas estas superficies son planas y están revestidas de cartílago articular. En los contornos de las superficies articulares se inserta la cápsula fibrosa revestida internamente por la membrana sinovial.

Articulación costotransversaria

(Figs. 5-46, 5-47 y 5-48)

La articulación costotransversaria es única y en ella contactan la carilla articular presente en la cara anterior de las apófisis transversas de las vértebras torácicas y la carilla articular del tubérculo costal. Las dos superficies disponen de revestimiento cartilaginoso, en cuyo contorno se inserta una fina cápsula fibrosa con su revestimiento sinovial. La orientación de las superficies articulares varía a lo largo del tórax. En la parte superior, la interlínea articular es prácticamente vertical y se va horizontalizando en los segmentos inferiores. Este hecho condiciona diferencias en la dinámica funcional del complejo articular costovertebral, que se estudiarán más adelante.

Ligamentos

Los refuerzos ligamentosos de unión de estas articulaciones desempeñan un papel importante en la dinámica funcional del complejo articular e incluyen los siguientes ligamentos:

Ligamento intraarticular de la cabeza de la costilla (*ligamento interóseo*): es un potente haz fibrocartilaginoso que se extiende entre la cresta de la cabeza costal y el disco intervertebral. Mediante esta disposición asegura la unión de la cabeza costal a la columna vertebral y separa las dos cavidades articulares costovertebrales. Este ligamento está ausente en las costillas que poseen una única carilla articular (1.ª, 11.ª y 12.ª).

Ligamento radiado de la cabeza de la costilla: es un haz fibroso que tapiza la cara anterior de las uniones entre la cabeza costal y los cuerpos vertebrales. Se extiende desde la cabeza costal, abriéndose en abanico para insertarse en los cuerpos vertebrales y en el disco intervertebral.

Ligamento costotransverso lateral (*ligamento del tubérculo de la costilla*): es un refuerzo en forma de grapa fibrosa adosado a la cápsula fibrosa de la articulación cos-

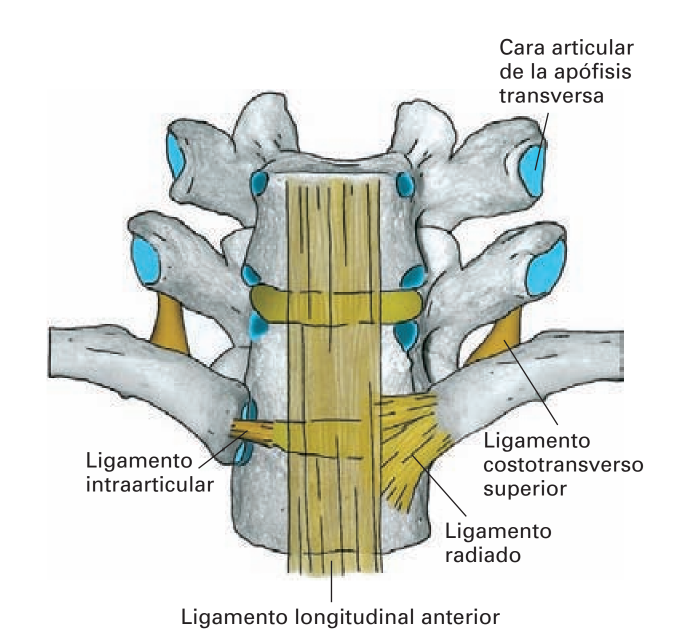


Figura 5-47. Representación esquemática de las uniones costovertebrales vistas desde el plano anterior.



Figura 5-48. TC de la unión costovertebral. Apófisis transversa (1); cuello costal (2); aorta (3); bronquio izquierdo (4).

totransversaria. Se extiende entre el tubérculo costal y el vértice de la apófisis transversa.

Ligamento costotransverso (*ligamento del cuello de la costilla*): es una banda fibrosa que se dispone entre la cara anterior de la apófisis transversa y la cara posterior del cuello de la costilla ocupando el espacio costotransversario. Desde el punto de vista funcional, define el eje de movimiento del complejo articular costovertebral.

Ligamento costotransverso superior (*ligamento suspensorio de la costilla*): se extiende entre el borde inferior de una apófisis transversa al borde superior del cuello de la costilla subyacente.

Articulaciones condrocostales

El cartílago costal encaja en una pequeña excavación del extremo de la costilla; se continúa el pericondrio con el periostio de la costilla sin solución de continuidad. De hecho, se puede considerar que el cartílago costal representa una zona no osificada del arco costal.

Articulaciones intercondrales

Los cartílagos costales 8.º, 9.º y 10.º no alcanzan directamente el esternón, sino que siguen un trayecto ascendente y contactan con el borde inferior del cartílago suprayacente. La zona de contacto posee una cápsula fibrosa, derivada del pericondrio, revestida internamente de sinovial. De esta manera, el 7.º cartílago costal hace de enlace entre el esternón y los cartílagos costales mencionados, formándose un reborde cartilaginoso continuo que marca el extremo inferior del tórax (*cartílago costal común*)

Articulaciones esternocostales

Se establecen entre el extremo de los 7 primeros cartílagos costales y las hendiduras costales de los bordes del esternón. Con la excepción del primer cartílago costal, que se ancla en el esternón sin que exista cavidad articular (sincondrosis), los demás cartílagos presentan una superficie en forma de cuña que contacta con las hendiduras costales del esternón tapizadas de cartílago. La unión se asegura por una cápsula fibrosa revestida internamente de sinovial con refuerzos ligamentosos en los planos anterior y posterior (**ligamento esternocostal radiado anterior y posterior**). Cada articulación está, parcialmente o totalmente dividida en dos partes por un **ligamento intraarticular** que ancla al cartílago costal al fondo de las hendiduras del esternón.

La séptima articulación presenta un potente ligamento adicional en el plano anterior (**ligamento condroxifoideo**), que se extiende entre el cartílago costal y apófisis xifoides.

TÓRAX EN CONJUNTO

El tórax o caja torácica es la región superior del tronco dispuesta entre el cuello y el abdomen (Fig. 5-41). La característica principal del tórax es poseer paredes rígidas y elásticas que desempeñan una doble función: proteger a las vísceras alojadas en su interior y, sobre todo, permitir los movimientos respiratorios. Desde el punto de vista esquelético, la mayor parte de la pared del tórax está formada por los 12 arcos costales (costillas y cartílagos costales) completados por detrás por el segmento torácico de la columna vertebral y por delante por el esternón. Los arcos costales no forman una pared continua, sino que entre ellos se delimitan espacios intercostales que se cierran por membranas y músculos intercostales. La disposición inclinada de las costillas determina que cuando éstas se mueven se modifiquen los diámetros del tórax. Estos aumentos y disminuciones de las dimensiones del tórax arrastran consigo a los pulmones y son la base de los movimientos respiratorios (véase Dinámica funcional del tórax).

En conjunto, la caja torácica tiene forma de cono aplanado en el sentido anteroposterior, con un vértice truncado superior por donde se continúa con el cuello (**abertura superior del tórax**) y una base amplia inferior de comunicación con el abdomen (**abertura inferior del tórax**). Se pueden distinguir en el tórax una pared anterior, una pared posterior y dos paredes laterales.

La pared anterior está formada por el esternón, los cartílagos costales y la parte anterior de las costillas.

La pared posterior está formada por la columna vertebral y el segmento más posterior de las costillas comprendido entre su extremo vertebral y el ángulo costal. Los cuerpos vertebrales hacen prominencia hacia el interior del tórax, por lo que entre éstos y el extremo interno de las costillas se forman unos surcos bien definidos, los **canales pulmonares** (*canales vertebrocostales*), donde se aloja la parte posterior de los pulmones.

Las paredes laterales están formadas por las costillas. Entre los arcos costales se disponen los espacios intercostales,

que se designan con el número de la costilla superior. Los espacios intercostales son más amplios en la parte superior del tórax y, debido a la oblicuidad de las costillas, en todos los niveles son más amplios en el plano anterior del tórax.

La abertura superior del tórax se delimita entre el borde superior del manubrio del esternón, la primera vértebra torácica y el borde interno de los dos primeros arcos costales. Se dispone en un plano oblicuo hacia adelante y abajo, de forma que las dos primeras vértebras torácicas se sitúan por encima del nivel del manubrio esternal. La silueta de la abertura es arriñonada por el relieve que hace el cuerpo de la primera vértebra torácica y posee un diámetro transversal (10 cm) que prácticamente duplica el diámetro anteroposterior (5 cm). A los lados de la abertura se sitúan los vértices pulmonares revestidos de envolturas fibrosas y serosas, y en la línea media discurren la tráquea y el esófago junto a vasos y nervios en su trayecto del cuello al tórax.

La abertura inferior del tórax ocupa la base del tórax y es mucho más amplia que la superior, y, como se analizará más adelante, está cerrada por el músculo diafragma. Se delimita de detrás a adelante, por la 12.ª vértebra torácica, la 12.ª costilla y el borde inferior de los cartílagos costales 11.º, 10.º, 9.º, 8.º y 7.º, que como se ha descrito a partir del 10.º, se van uniendo entre sí (cartílago costal común) para confluir a través del 7.º en la escotadura xifoesternal. El extremo anterior de la abertura lo forma la unión entre el cuerpo del esternón y la apófisis xifoides (articulación xifoesternal). Entre la terminación de los cartílagos comunes de ambos lados de la abertura inferior del tórax se delimita el **ángulo infraesternal**, en medio del cual se silúa la apófisis xifoides proyectada hacia el abdomen.

Variaciones

La forma y las dimensiones del tórax presentan importantes modificaciones con la edad y con el sexo. En el recién nacido, el diámetro transverso del tórax está muy reducido. En la mujer, el tamaño del tórax es menor, pero las costillas superiores son más móviles que en el varón, lo que incrementa la capacidad de expansión del segmento torácico superior. Este hecho adquiere importancia en la etapa final del embarazo, ya que las dimensiones del útero dificultan la expansión abdominal de la cavidad torácica. En los ancianos, el tórax pierde elasticidad debido al envejecimiento de los cartílagos costales, que habitualmente se calcifican. Además, las articulaciones costovertebrales pierden movilidad. Sin embargo, las alteraciones morfológicas del tórax en el anciano son generalmente secundarias a deformaciones de la columna vertebral.

Las variaciones individuales del tórax son frecuentes en ambos sexos y están relacionadas principalmente con el grado de desarrollo de los músculos que se insertan en sus huesos. El tórax de las personas musculosas suele ser ancho y corto, mientras que en las asténicas, el tórax es largo y estrecho.

Anatomía de superficie

La articulación entre el segundo cartílago costal es fácilmente identificable en la superficie porque se sitúa en la unión entre manubrio y cuerpo del esternón, que coincide con la posición del ángulo esternal. A partir de esa referencia, las demás costillas pueden contarse desde la superficie. El pezón en el hombre y en la mujer joven también es una buena referencia para identificar las costillas, ya que se sitúa en el cuarto espacio intercostal.

En el plano posterior, la escápula se proyecta sobre la pared torácica en el espacio comprendido entre la segunda y la séptima costilla.

Aspectos clínicos

La elasticidad de los cartílagos costales determina que la pared torácica sea resistente a los traumatismos. El punto más vulnerable a las fracturas es la zona de las costillas inmediatamente anterior al ángulo costal, pero un traumatismo directo puede causar una fractura en cualquier punto de la costilla. Si como consecuencia de una fractura se produce un desplazamiento interno de un fragmento costal, puede causar lesiones graves de órganos internos (en especial de los pulmones y del bazo). Las fracturas que afectan a dos puntos diferentes de las costilla también pueden revestir gravedad, ya que el segmento costal intercalado entre las zonas de fractura puede moverse de forma independiente y opuesta a los movimientos respiratorios al ser arrastrada por los cambios de presión en el tórax.

En las intervenciones quirúrgicas del tórax se suele realizar una *costotomía*, en la que se extirpa un segmento de costilla respetando el periostio, lo que permite que, en sujetos jóvenes, se puedan producir pequeñas regeneraciones de la costilla después de la operación. En las intervenciones de cirugía cardíaca se abre el tórax seccionando el esternón por la línea media.

MÚSCULOS DEL TÓRAX

En la región torácica, las paredes esqueléticas se completan por una serie de pequeños músculos que intervienen en la dinámica de las costillas, de los cuales los más representativos son los **músculos intercostales**. Por otro lado, la abertura inferior del tórax se cierra por el **músculo diafragma**, que establece la separación con el abdomen. Existen además muchos músculos de otras regiones anatómicas (extremidad superior, paredes abdominales, cuello y tronco) que toman inserción en el esqueleto torácico, pero su estudio se realizará en los capítulos correspondientes.

Músculos intercostales (Fig. 5-49)

Son láminas musculares que ocupan y cierran los espacios intercostales insertándose en los bordes de los arcos costa-

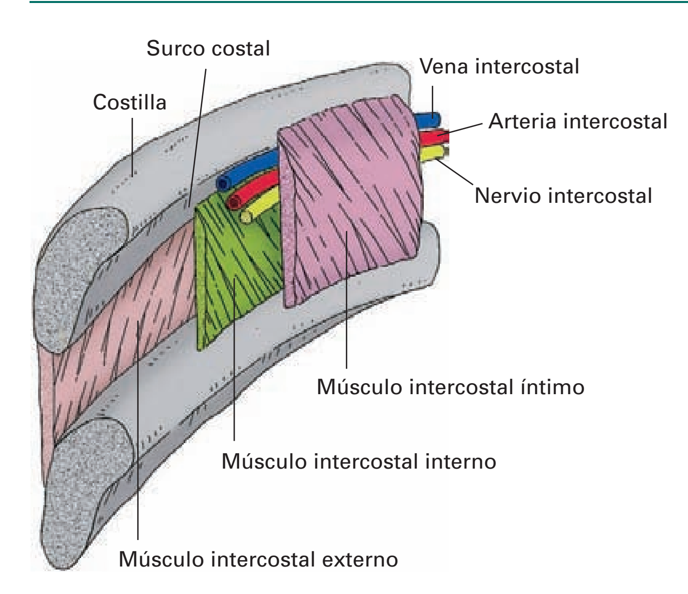


Figura 5-49. Representación esquemática de los músculos intercostales vistos desde el interior del tórax.

les que los limitan. En cada espacio intercostal existen tres músculos intercostales: el externo, el interno y el íntimo.

El **músculo intercostal externo** salta entre el borde inferior de la costilla superior del espacio intercostal al borde superior de la costilla inferior. Sus fibras son oblicuas hacia abajo y hacia delante y no ocupa la totalidad del espacio intercostal. En el plano posterior se agota a nivel del tubérculo costal. En el plano anterior se agota a nivel de los cartílagos costales. En esta región es sustituido por una lámina fibrosa, la **membrana intercostal externa**, de disposición similar a la del músculo, pero carente de fibras musculares.

El **músculo intercostal interno** (*músculo intercostal intermedio*) es más profundo que el externo y se inserta en los bordes de las costillas y cartílagos costales que delimitan el espacio. Sus fibras son oblicuas hacia abajo y hacia atrás, perpendiculares, por lo tanto, con respecto a las del músculo intercostal externo. Al igual que los intercostales externos, no ocupa la totalidad del espacio, pero en este caso, el músculo se extiende desde el extremo anterior, esternal, del espacio hasta el ángulo de las costillas. Posteriormente, es sustituido por la **membrana intercostal interna** que alcanza la zona del tubérculo costal. Por detrás de la región del tubérculo costal, el espacio intercostal está ocupado por el ligamento costotransverso superior.

El **músculo intercostal íntimo** (*músculo intercostal interno*) tiene una disposición igual que el interno, pero sus fibras se disponen más profundas y se separan de ellas por el trayecto de los vasos y nervios intercostales. Su inserción superior también es diferente, y en lugar de unirse al borde inferior de la costilla superior, lo hace en el labio interno del canal costal. En algunas descripciones clásicas sólo se reconoce un músculo intercostal interno desdoblado en dos hojas en su parte superior, entre las que discurre el paquete vasculonervioso intercostal.

Músculos subcostales (*infracostales*). Se describen con este nombre algunas fibras de desarrollo irregular que se disponen profundas a las del intercostal interno, pero que saltan entre varios espacios intercostales. La dirección de las fibras y su inervación es igual a la de los intercostales internos.

Función e inervación

La función de los músculos intercostales es, por un lado, servir de pared al tórax y, por otro, intervenir en los movimientos respiratorios, tanto en la inspiración como en la espiración (véase capítulo de Dinámica funcional del tórax).

La inervación de los músculos intercostales se realiza por los nervios intercostales.

Músculos elevadores de las costillas (*músculos supracostales*). Son pequeñas láminas musculares de forma triangular que se originan en el vértice de las apófisis transversas (de 7.ª C a 11.ª T) y terminan en la proximidad del tubérculo de la costilla inferior.

Al elevar las costillas intervienen en la inspiración, pero son poco importantes. Se inervan por los nervios intercostales.

Músculo serrato posterior superior (Fig. 6-17). Es una fina lámina muscular de muy poca importancia. Se dispone en el plano posterior del tórax superficial con respecto a los músculos de los canales vertebrales y profundo con respecto al romboides y trapecio. Sus fibras se extienden desde las apófisis espinosas de la 7.ª cervical y primeras torácicas hasta las costillas 2.ª a 5.ª, terminando lateralmente a los ángulos costales.

Se inerva por los nervios intercostales y es capaz de elevar las costillas en las que se inserta.

Músculo serrato posterior inferior (Fig. 6-17). Al igual que el anterior, es una fina lámina muscular de poca importancia. Se inserta en las apófisis espinosas de las últimas vértebras torácica y primeras lumbares y termina en la parte posterior de la últimas costillas.

Se inerva por los nervios intercostales vecinos y al contraerse es capaz de separar y descender las últimas costillas.

Músculo transverso del tórax
(*triangular del esternón*; Fig. 5-50)

Se dispone profundamente a la pared anterior del tórax y su desarrollo presenta grandes diferencias entre personas. Son fibras que se originan en la cara interna del cuerpo y la apófisis xifoides del esternón extendiéndose oblicuamente en sentido lateral y superior, para terminar en la cara interna de los cartílagos costales 2.º al 6.º.

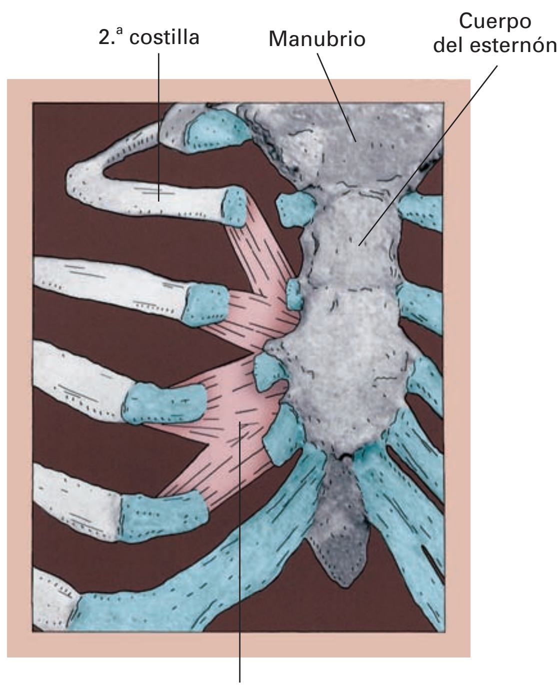


Figura 5-50. Visión anterior del músculo transverso torácico después de seccionar los cartílagos costales.

Función e inervación

El músculo se inerva por los nervios intercostales. Desde el punto de vista funcional interviene en la espiración.

Músculo diafragma[15] (Figs. 5-51 y 5-52)

El diafragma es un músculo aplanado y delgado que cierra la abertura inferior del tórax estableciendo el límite entre éste y el abdomen. Su disposición no es plana, sino que dibuja una bóveda de concavidad abdominal. Esta bóveda es más acentuada en el lado izquierdo (debido a la posición del hígado), lo que permite dividirla en dos cúpulas, una izquierda que alcanza un nivel más superior, y una derecha de posición ligeramente inferior. En diferentes puntos del diafragma se establecen orificios que permiten el tránsito entre tórax y abdomen de la vena cava inferior, la aorta, el esófago y de algunos elementos vasculares y nerviosos de menor calibre.

Desde el punto de vista estructural, el músculo forma una lámina carnosa que posee un borde periférico de inserción y una zona central tendinosa en forma de trébol, el **centro tendíneo** (*centro frénico*). Por su borde periférico el músculo se inserta en los contornos de la abertura torácica inferior pudiendo distinguirse 3 porciones de origen: lumbar, costal y esternal; desde este origen, las fibras se dirigen al centro tendíneo, donde se agotan.

Porción lumbar (Fig. 5-51)

Está formado por las fibras que arrancan de la columna vertebral y es la más compleja de todas. Se distinguen un sector medial y un sector lateral que, por su disposición, se denominan respectivamente **pilares** y **arcos del diafragma**.

Los pilares del diafragma son dos masas tendinosas que se insertan en la cara anterior y lateral de los cuerpos y discos de las primeras vértebras lumbares. El pilar derecho se extiende hasta la tercera vértebra lumbar, el izquierdo sólo llega hasta la segunda. En su parte alta, los pilares están unidos por un arco tendinoso, el **ligamento arqueado medio**, que no se adhiere a la columna vertebral. De esta manera, entre los pilares, el ligamento arqueado medio y la columna vertebral se labra un conducto de paredes tendinosas por donde discurre la arteria aorta acompañada del conducto torácico (**hiato aórtico**). Desde los pilares y del ligamento arqueado medio parten fibras musculares en busca del contorno posterior del centro tendíneo. Las fibras musculares originadas de los pilares en su trayecto hacia el centro tendíneo forman un bucle que delimita un orificio en el espesor del diafragma (Fig. 5-51), el **hiato esofágico**, por donde discurre el esófago acompañado de los nervios vagos en dirección al abdomen. A diferencia del hiato aórtico, cuyo contorno es fibroso, el hiato esofágico está situado en el espesor del músculo; éste forma un anillo contráctil que mantiene cerrado el esófago cuando no está dando paso al bolo alimenticio.

Los pilares del diafragma presentan en su parte lateral una fina hendidura por donde camina el nervio esplácnico mayor dividiendo al pilar en un sector interno (**pilar principal**) y un sector externo accesorio (**pilar accesorio**).

Los arcos del diafragma se disponen lateralmente a los pilares y son dos formaciones fibrosas arciformes, una interna, **ligamento arqueado medial** (*arco del psoas*) y otra externa, **ligamento arqueado lateral** (*arco del cuadrado de los lomos*) asociadas, respectivamente, a las fascias de los músculos posas mayor y cuadrado lumbar. El ligamento arqueado medial se sitúa inmediatamente por fuera del pilar principal y salta desde el cuerpo de la 2.ª vértebra lumbar a la apófisis costiforme de la 1.ª lumbar. El ligamento arqueado lateral se dispone a continuación del medial y se extiende desde la apófisis costiforme de la 1.ª vértebra lumbar al vértice de la 12.ª costilla. De estos arcos fibrosos parten fibras musculares hacia el centro tendinoso del diafragma. Con frecuencia, por encima del ligamento arqueado lateral, las fibras son escasas y dejan una zona en el diafragma desprovista de músculo, el **triángulo vertebrocostal** (*hiato costodiafragmático*; *triángulo de Bockdalek*). En esta región, las vísceras del tórax (pulmón y pleuras) pueden quedar separadas de las abdominales (riñón y

[15] Diafragma es una palabra compuesta derivada del griego *dia* = a través y *phragma* = pared.

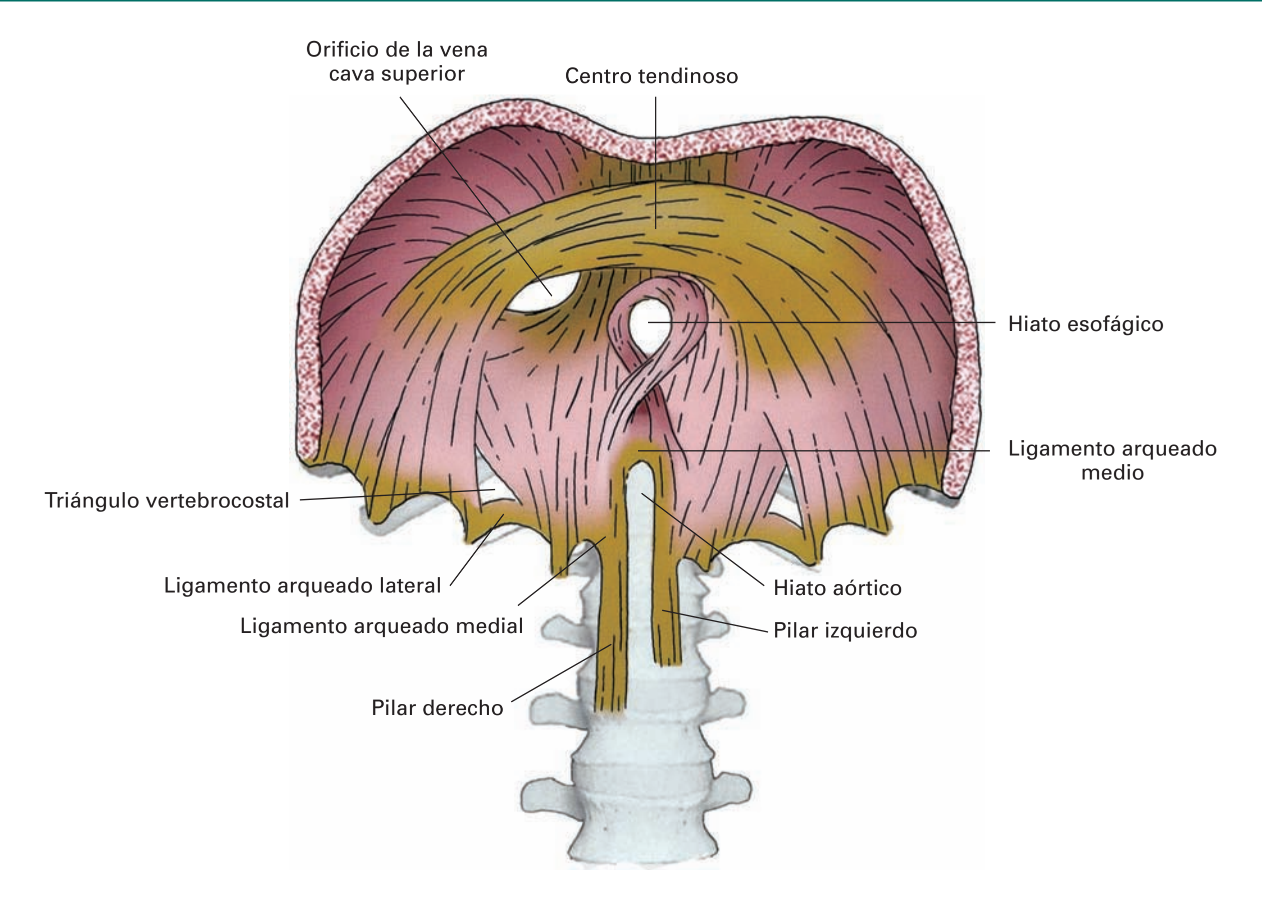


Figura 5-51. Visión anteroinferior de la mitad posterior del músculo diafragma que ilustra las inserciones de su porción lumbar.

celda perirrenal) solamente por una membrana fibrosa a través de la cual infecciones de una región pueden transmitirse a la otra.

Porción costal

Se origina en la cara profunda de las seis últimas costillas y cartílagos costales donde se interdigitan con las inserciones del músculo transverso del abdomen. Desde ese origen, las fibras se dirigen a los márgenes anterior y lateral del centro tendinoso.

Porción esternal

Constituye la parte más anterior del diafragma. Las fibras se originan en la cara profunda de la apófisis xifoides y forman dos fascículos de fibras musculares que ascienden paralelos en busca del sector más anterior del centro tendinoso. Entre los dos fascículos esternales queda una fina hendidura media, el *hiato de Marfan*[16].

Entre el fascículo esternal y el costal se delimita una pequeña hendidura, el **hiato costoxifoideo** (*hiato de Larrey*[17]), por donde pasa la arteria epigástrica superior.

Centro tendinoso (*centro frénico*; Figs. 5-51 y 5-52)

El centro tendinoso del diafragma es una lámina fibrosa de gran consistencia y de aspecto nacarado, en cuya periferia se agotan las fibras musculares del diafragma. Su forma es la de un trébol, en la que se pueden distinguir tres sectores o foliolos: anterior, derecho e izquierdo. Entre el foliolo derecho y el izquierdo se labra un orificio para el paso de la vena cava caudal, el **orificio de la vena cava inferior**. Rodeando este orificio hay haces fibrosos más marcados (*cintillas semicirculares*).

Orificios del diafragma (Fig. 5-52)

Como se ha descrito, el diafragma forma un tabique de separación entre el tórax y el abdomen, pero presenta una organización anatómica que permite el tránsito entre las

[16] Antonin Marfan, pediátra francés (1858-1942).

[17] Dominique J. Larrey, cirujano francés (1766-1842).

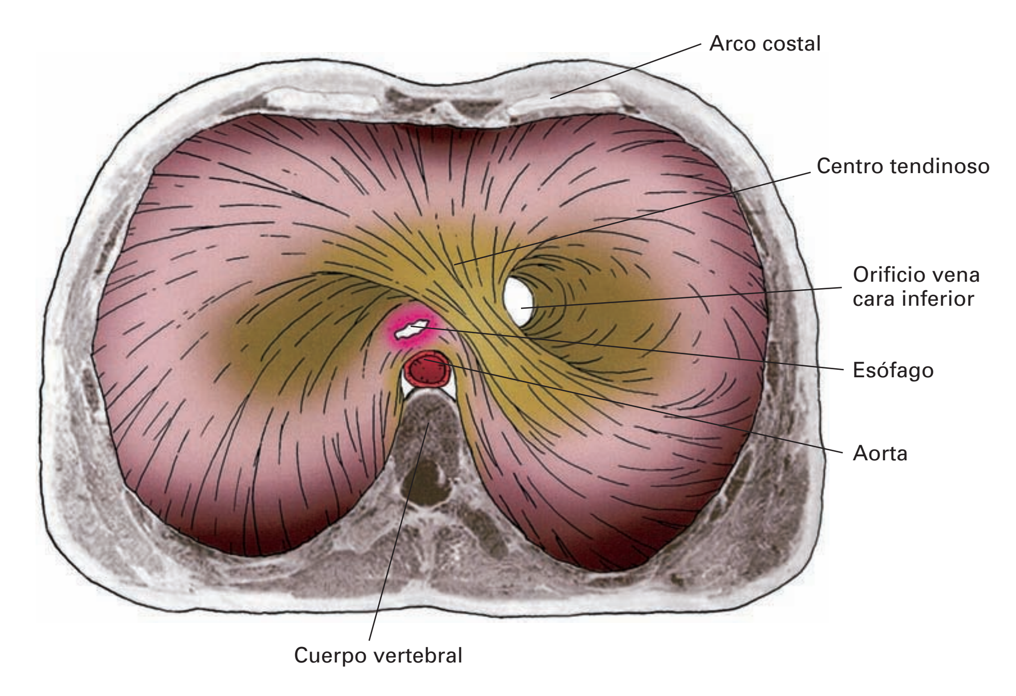


Figura 5-52. Visión superior del músculo diafragma tras seccionar transversalmente el tórax.

dos cavidades de órganos y formaciones vasculonerviosas. Existen tres orificios mayores, el aórtico, el esofágico y el de la vena cava, y hendiduras de paso de formaciones vasculares y nerviosas de menor calibre.

El **hiato aórtico** se dispone inmediatamente por delante del cuerpo de la 12.ª vértebra torácica y da paso a la arteria aorta y al conducto torácico. El contorno de este orificio es fibroso por lo que las contracciones del diafragma no afectan al calibre de la arteria.

El **hiato esofágico** se dispone a la izquierda de la línea media a nivel de la 10.ª vértebra torácica. Se sitúa en el espesor de la parte carnosa del músculo, por lo que su contorno es muscular. Da paso al esófago acompañado de los nervios vagos y vasos sanguíneos esofágicos de pequeño calibre. La contracción del diafragma mantiene cerrado el esófago salvo durante el tránsito del bolo alimenticio.

Entre el esófago y el diafragma se disponen una lámina de tejido conectivo y fibras musculares lisas que aseguran la fijación del esófago al contorno del orificio permitiendo un pequeño deslizamiento durante los desplazamientos del diafragma. Con cierta frecuencia, esta unión es deficiente, lo que puede causar hernias diafragmáticas por deslizamiento de una parte estómago hacia el tórax.

El **orificio de la vena cava inferior** se sitúa en el centro tendinoso a la altura del disco entre las vértebras torácica 8.ª y 9.ª. Su contorno es fibroso y está adherido a la pared de la vena. Además de la vena cava inferior, da paso a la rama abdominal del nervio frénico derecho. Las contracciones del diafragma traccionan del contorno de este orificio dilatando la vena cava. Como consecuencia de este efecto se produce una pequeña aspiración en la vena cava que facilita el retorno venoso.

Funciones del diafragma

Además de su función como elemento separador entre el tórax y el abdomen, el músculo diafragma desempeña un papel activo en las siguientes funciones vitales:

Es un músculo fundamental en la respiración e interviene tanto en la inspiración como en la espiración (véase Dinámica respiratoria). En los niños menores de dos años, debido a la horizontalidad de las costillas, es de hecho el único músculo de la respiración.

Interviene también el diafragma en todas las actividades que requieren un incremento de la presión abdominal (defecación, micción, parto, estornudo, vómito).

Finalmente, un aspecto funcional importante del diafragma está ligado a facilitar la circulación al aumentar la presión negativa en el tórax durante la respiración. Además, al contraerse, comprime el hígado facilitando el retorno de su sangre venosa hacia la cava. Por último, facilita el drenaje del líquido pleural y del líquido peritoneal

Estructura y función del diafragma

En el ser humano el músculo diafragma está compuesto principalmente de *fibras blancas* de contracción y fatiga rápida, y de *fibras mixtas* de contracción rápida y resistentes a la fatiga. En los animales de pequeño tamaño y gran

actividad metabólica, predominan las *fibras rojas* de contracción lenta y resistentes a la fatiga.

Inervación

Los nervios frénicos inervan motora y sensitivamente al músculo diafragma. Además, los últimos nervios intercostales aportan inervación sensitiva para las zonas más periféricas del músculo.

Vascularización

Se realiza por ramas de las arterias torácicas internas que lo abordan por su cara superior, y por ramas de la arterias frénicas inferiores que lo abordan desde la cara inferior. Además, la parte posterior del músculo recibe algunas ramas procedentes de arterias mediastínicas y de las primeras lumbares. En la vascularización de la parte más periférica del músculo también contribuyen la últimas intercostales.

CUELLO

El cuello es la región anatómica intercalada entre la cabeza y el tórax. Como elemento esquelético contiene únicamente el segmento cervical de la columna vertebral. Alrededor de ésta se disponen diferentes grupos musculares cuya función es muy variada, pues incluye músculos comunes con la región del tronco de la columna vertebral; músculos que mueven la cabeza; músculos que participan en la respiración actuando sobre las primeras costillas; músculos asociados funcionalmente a la extremidad superior; músculos que intervienen en la dinámica del bloque visceral del cuello; y, finalmente, músculos de la mímica. Desde el punto de vista topográfico, se distingue una región posterior, por detrás de la columna vertebral, y una región anterior por delante de ella. En la región posterior, el cuello está formado únicamente por diferentes planos musculares. En la región anterior, además de músculos, se encuentran las vías digestiva (faringe y esófago) y respiratoria (laringe y tráquea) en su tránsito de la cabeza al tórax y el paquete vásculo-nervioso yúgulo-carotídeo. Los músculos de la región anterior, junto con diferentes láminas aponeuróticas del cuello, protegen el bloque visceral y vásculo-nervioso formando un marco a su alrededor de importancia en cirugía.

MÚSCULOS DE LA REGIÓN ANTERIOR DEL CUELLO

Por su disposición topográfica se distingue un grupo profundo prevertebral, un grupo hiodeo, asociado a las vísceras del cuello, un grupo lateral y un grupo superficial. El grupo superficial solamente consta de un músculo, el **platisma**, que pertenece funcionalmente a la musculatura de la mímica (véase Capítulo 16).

Músculos prevertebrales (Fig. 5-53)

Se sitúan en un plano profundo, inmediatamente por delante de la columna vertebral, y son los siguientes:

Músculo largo del cuello

Es un músculo de forma triangular con fibras orientadas en diferentes direcciones que incluyen: 1) fibras de dirección vertical que unen entre sí los cuerpos vertebrales desde la vértebra torácica 3 (T3) a la cervical 2 (C2); 2) fibras oblicuas que se originan en el tubérculo anterior de las apófisis transversas de C3 a C5 y terminan en el tubérculo anterior del atlas y en el cuerpo del axis; y 3) fibras, también de disposición oblicua, que se extienden desde el cuerpo de las vértebras T1 a T3 hasta el tubérculo anterior de las apófisis transversas de C5 y C6.

Músculo largo de la cabeza

Se sitúa lateralmente al anterior. Se origina en el tubérculo anterior de las apófisis transversas de las vértebras C3 a C6

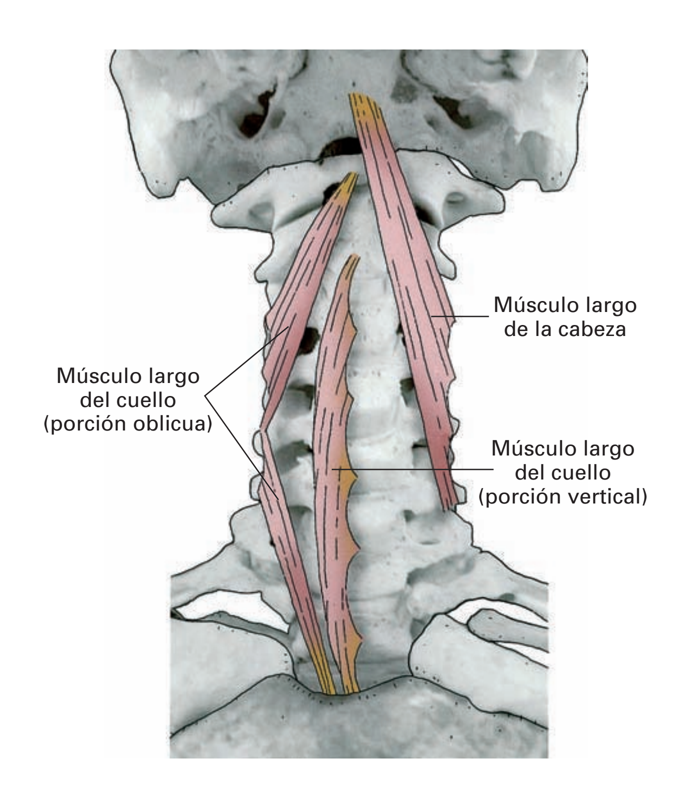


Figura 5-53. Visión anterior de la columna cervical que ilustra la disposición de los músculos largo del cuello y largo de la cabeza.

para luego insertarse en la porción basilar del hueso occipital.

Inervación y función

Ambos músculos se inervan por ramas del plexo cervical y participan funcionalmente en la flexión de la columna cervical.

Asociado a este plano muscular se dispone el **músculo recto anterior de la cabeza**, que se encuentra por delante del agujero magno del occipital. Se origina de la apófisis transversa del atlas y se inserta en la porción basilar del hueso occipital. Este músculo corresponde a un músculo intertransversario y, desde el punto de vista topográfico, debe de ser incluido dentro de los músculos suboccipitales. Se inerva por el plexo cervical e interviene en la flexión de la cabeza.

Músculos laterales del cuello

Comprende dos planos diferentes, uno más profundo, formado por los músculos escalenos y uno más superficial, formado por el esternocleidomastoideo.

Músculos escalenos (Fig. 5-54)

Son tres (anterior, medio y posterior), de forma triangular, que se extienden a los lados del cuello entre las apófisis transversas de las vértebras cervicales y las primeras costillas.

El **músculo escaleno anterior** se origina en las apófisis transversas de las vértebras C3 a C6 y se inserta en el tubérculo del músculo escaleno anterior de la primera costilla. Dentro de las relaciones topográficas que mantiene, hay que señalar que, a lo largo de su cara anterior, desciende el nervio frénico, y que, a nivel de su inserción costal, el músculo es cruzado por delante por la vena subclavia y por detrás por la arteria subclavia y el plexo braquial .

El **músculo escaleno medio** se origina en las apófisis transversas de las vértebras C1 a C7, y se inserta en la primera costilla, por detrás del surco de la arteria subclavia que lo separa de la inserción del escaleno anterior. Por delante se este músculo, a nivel de su inserción costal, se encuentran el plexo braquial y la arteria subclavia.

El **músculo escaleno posterior** se origina en el tubérculo posterior de las apófisis transversas de las vértebras C5 a C7 y se inserta en la cara externa de la segunda costilla.

Por detrás del músculo escaleno anterior y delante del medio y el posterior se delimita una hendidura cuyo límite inferior es la primera costilla, que recibe el nombre de **desfiladero de los escalenos**. Por este desfiladero discurren la arteria subclavia y las raíces del plexo braquial.

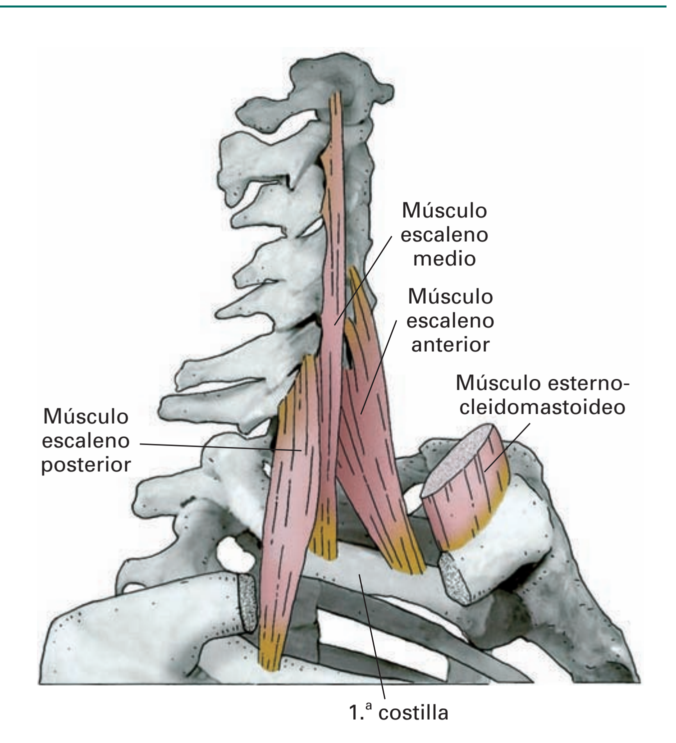


Figura 5-54. Visión oblicua de la columna cervical que ilustra la disposición de los músculos escalenos. La clavícula y el músculo esternocleidomastoideo han sido seccionados.

Existen diversos procesos que pueden estrechar el desfiladero de los escalenos, así la existencia de una costilla cervical, la existencia de un cuarto músculo escaleno accesorio, o sencillamente la hipertrofia del músculo escaleno anterior. En todos estos casos se producen alteraciones neurológicas y vasculares en la extremidad superior debido a la compresión del plexo y de la arteria subclavia (*síndrome de los escalenos*).

Inervación y función

La inervación de los escalenos se realiza por ramas del plexo cervical.

Los tres músculos escalenos intervienen en la respiración elevando y sosteniendo las primeras costillas durante la inspiración. Cuando toman como punto fijo la inserción costal intervienen en la flexión del cuello al contraerse en ambos lados o en las inclinaciones laterales cuando se contraen en un solo lado.

Profundamente a los músculos escalenos se encuentran los **músculos intertransversarios** del cuello que, al igual que en otros niveles de la columna vertebral, se disponen entre las apófisis transversas. Al primero de estos músculos, situado entre el atlas y el occipital, se le denomina **músculo recto lateral de la cabeza**.

Músculo esternocleidomastoideo
(Figs. 5-55 y 5-57)

Es una gruesa banda muscular que asciende oblicuamente por el cuello, desde el nivel de la articulación esternoclavicular a la apófisis mastoides. Se origina por dos porciones, una esternal, que es más superficial y arranca de la cara anterior del manubrio del esternón, y una clavicular de disposición algo más profunda, que lo hace de la cara superior del extremo interno de la clavícula. En su extremo superior se inserta en la cara externa de la apófisis mastoides y en la parte externa de la línea nucal superior del occipital.

El músculo resalta superficialmente a los lados del cuello, por lo que constituye una referencia para dividir el cuello en un **triángulo anterior** por delante del músculo y un **triángulo posterior** por detrás. En la parte baja del cuello, está cubierto por el músculo cutáneo del cuello. Además, por la superficie del músculo, asciende la vena yugular externa y caminan algunas ramas del plexo cervical (nervios auricular y cervical transverso). Profundamente al esternocleidomastoideo se sitúan el plexo cervical y, en la parte baja del cuello, el paquete vásculo-nervioso yúgulo-carotídeo (arteria carótida, vena yugular interna y nervio vago). El punto medio del borde posterior del músculo esternocleidomastoideo se corresponde con la zona donde emergen las ramas cutáneas del plexo cervical y recibe el nombre de **punto nervioso**.

Función e inervación

Las funciones del músculo son complejas. Si se contraen ambos músculos, flexionan la cabeza. Si solamente se contrae uno de ellos, produce una inclinación lateral de la cabeza. Además, participan es la fase final de los movimientos de rotación de la cabeza. Debido a su trayecto oblicuo, cuando se parte de una extensión inicial, el músculo es también extensor de la cabeza. En los movimientos respiratorios del tórax, cuando se requiere incrementar la ventilación pulmonar, los esternocleidomastoideos pueden intervenir como músculos inspiratorios auxiliares produciendo una elevación del esternón.

> Diversas causas patológicas pueden ocasionar contracturas y espasmos del esternocleidomastoideo (*tortícolis*).

El esternocleidomastoideo se inerva por el plexo cervical y por el nervio accesorio (espinal).

Músculos hioideos (Figs. 5-56 a 5-58)

El hueso hioides, situado entre la laringe y la base de la lengua, está sujeto por una serie de músculos que se disponen unos hacia arriba uniéndole principalmente a la mandíbula y otros hacia abajo que lo fijan al cartílago tiroides, esternón y escápula. Estos grupos musculares reciben el nombre de **músculos suprahioideos** y **músculos infrahioideos**, respectivamente. Los músculos suprahioideos son el milohioideo, genihioideo, estilohioideo y digástrico y se estudiarán en el capítulo correspondiente al suelo bucal (Cap. 8).

Los músculos infrahioideos son cuatro músculos finos y acintados que discurren en dos planos por delante de las vísceras del cuello (Figs. 5-56 y 5-58). En el plano superficial se encuentran el esternohioideo y el omohioideo.

Figura 5-55. Visión lateral del cuello que ilustra la disposición del músculo esternocleidomastoideo. La clavícula ha sido seccionada.

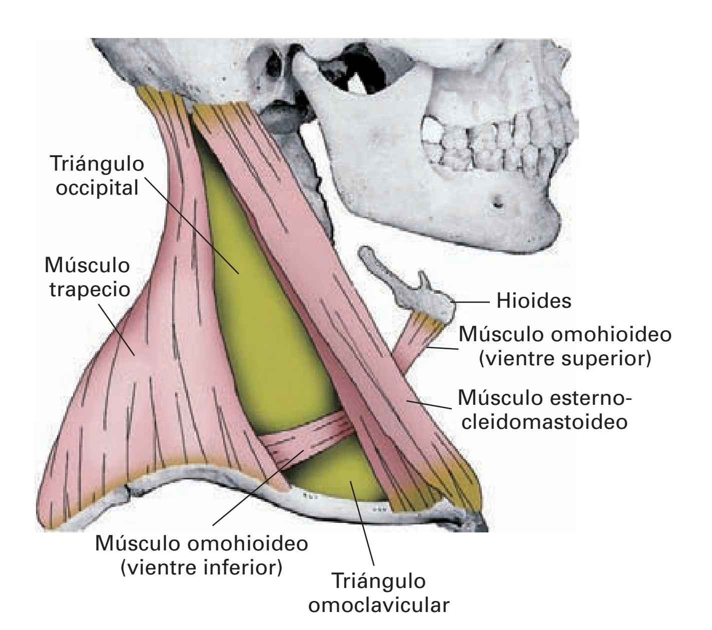


Figura 5-56. Visión lateral del cuello.

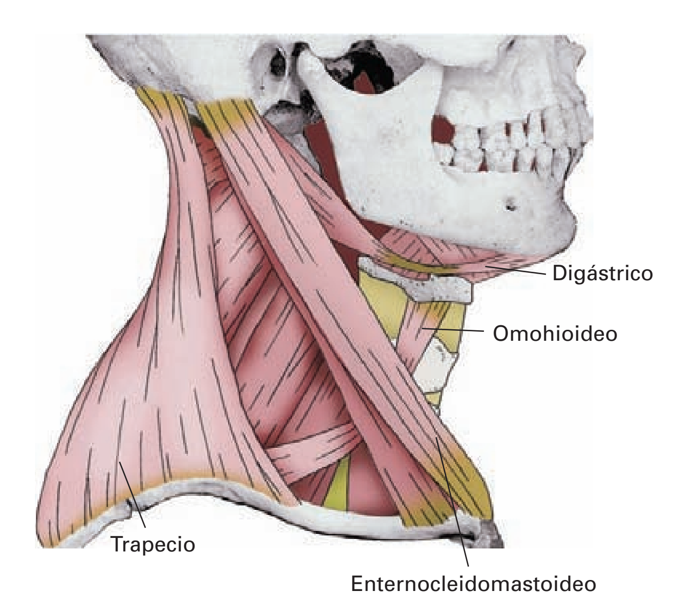


Figura 5-57. Visión lateral del cuello.

En el plano profundo están el esternotiroideo y el tirohioideo.

Músculo esternohiodeo (Fig. 5-58)

Se origina en el manubrio esternal y en la cara posterior de la extremidad esternal de la clavícula. Desde este origen, asciende para insertarse en el borde inferior del hueso hioides. Tapiza superficialmente el esternotiroideo y el tirohioideo.

Músculo omohioideo (Figs. 5-56 y 5-58)

Es un músculo digástrico que consta de un vientre superior, un vientre inferior y un tendón intermedio. En conjunto, cruza el cuello oblicuamente, desde el hioides por arriba, hasta la escápula por abajo, en un plano profundo al músculo esternocleidomastoideo. El vientre superior se origina en el borde inferior del hueso hioides y desciende por el cuello para continuarse con el tendón intermedio, que a su vez, se continúa con el vientre inferior, el cual se inserta en el borde superior de la escápula, a nivel de la incisura escapular.

Desde el punto de vista topográfico, el omohioideo es un elemento de referencia importante. El tendón intermedio se sitúa por fuera del paquete vásculo-nervioso del cuello y el vientre inferior divide el triángulo posterior del cuello en una porción superior (**triángulo occipital**) y otra inferior (**triángulo omoclavicular**).

Músculo esternotiroideo (Fig. 5-58)

Se origina en el manubrio esternal y en el cartílago de la primera costilla, y asciende por delante de la tráquea y la glándula tiroides para insertarse en una cresta oblicua que recorre la cara lateral de las láminas del cartílago tiroides.

Músculo tirohioideo (Fig. 5-58)

Se origina de las láminas del cartílago tiroides, en la línea oblicua donde termina el esternotiroideo, y asciende para insertarse en el borde inferior del hioides.

Función e inervación

Los músculos infrahioideos, al contraerse, descienden el hioides arrastrando consigo la laringe. Si el hueso hioides está fijo a la mandíbula por los suprahioideos, entonces, al descender el hioides, arrastra la mandíbula. Además, el esternotiroideo y el tirohioideo actuando de forman individual, pueden mover el cartílago tiroides con respecto al hioides. Así, durante la deglución el tirohioideo tira de la laringe hacia arriba, lo que facilita el cierre del orificio laríngeo por la epiglotis evitando la entrada alimentos en la vía respiratoria. La contracción individual del esternotiroideo ejerce un efecto sobre la laringe opuesto al del tirohioideo (desciende y abre la laringe) e interviene durante las inspiraciones profundas.

Los músculos infrahioideos se inervan por el plexo cervical. Todos, menos el tiroihiodeo, reciben sus ramas desde el **asa cervical**. El nervio para el tiroihiodeo surge del tronco del hipogloso, pero procede de la anastomosis que éste recibe de los primeros nervios cervicales.

> **Músculo elevador de la glándula tiroidea**: es un músculo inconstante e impar, que se extiende entre el istmo de la glándula tiroides, o del lóbulo piramidal si existe, al hueso hioides.

Músculos de la región posterior del cuello

En la región posterior del cuello los músculos se disponen en cuatro planos superpuestos y reciben el nombre de musculatura de la nuca. Desde el punto de vista funcional, se pueden distinguir: 1) músculos que corresponden al sector cervical de los músculos vertebrales dorsales, cuya descripción general se hace en el capítulo correspondiente a la musculatura posterior del tronco; 2) músculos que unen el atlas y el axis con el hueso occipital, y que en conjunto, reciben el nombre de **músculos suboccipitales**; 3) y, finalmente, músculos que están al servicio de la movilidad de la extremidad superior, los cuales se describen en el capítulo correspondiente a los músculos del hombro. Todos estos músculos se organizan en cuatro planos topográficos.

Plano profundo (Fig. 5-59)

Se disponen en este plano los músculos rectos y oblicuos de la cabeza pertenecientes a la musculatura suboccipital y

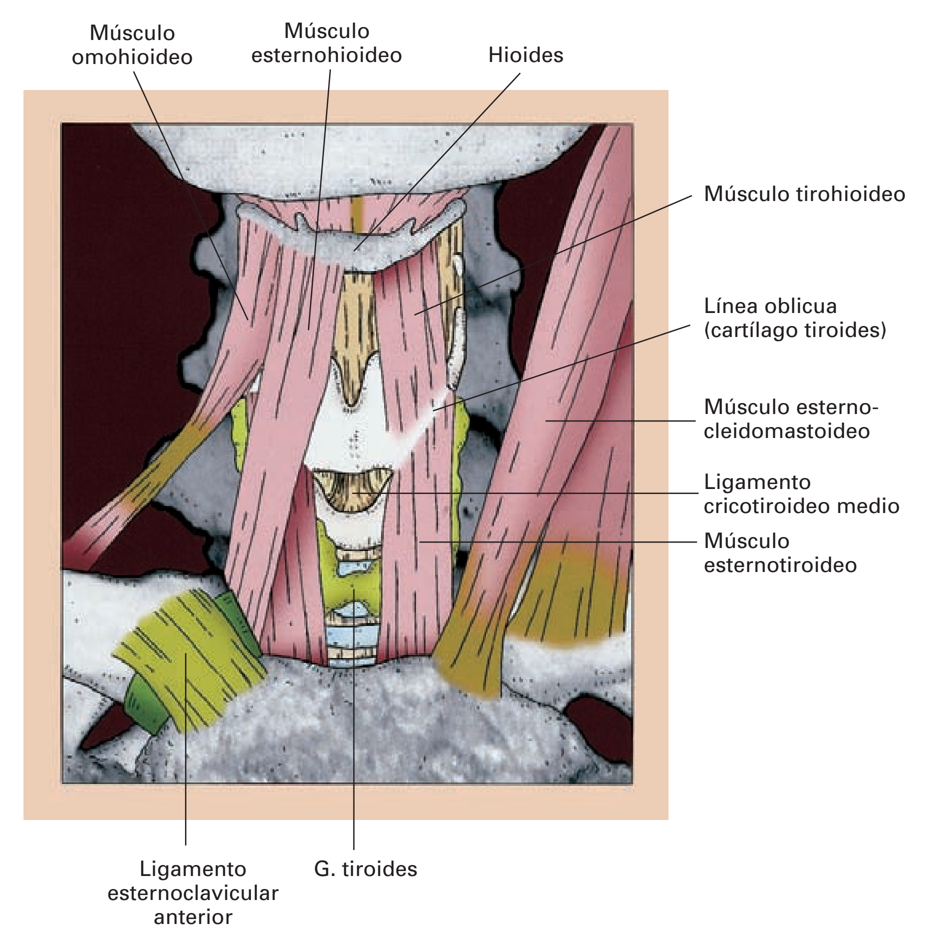


Figura 5-58. Representación esquemática de los músculos infrahioideos en una visión anterior del cuello. En el lado derecho, los músculos esternohioideo y omohioideo han sido eliminados.

el sector cervical de los músculos de los sistemas interespinoso (**músculos interespinosos cervicales**) y transverso espinal (**músculo multífido cervical**) de los músculos vertebrales dorsales.

Músculo recto posterior mayor de la cabeza

Se origina en la apófisis espinosa del axis y asciende oblicuamente hacia afuera para insertarse por debajo de la línea nucal inferior del occipital.

Músculo recto posterior de la cabeza

Es similar al anterior y se dispone medialmente respecto a él. Se origina en el tubérculo posterior del atlas y asciende para insertarse como el anterior por debajo de la línea nucal inferior del occipital.

Músculo oblicuo superior de la cabeza

Se origina de la apófisis transversa del atlas y se inserta como los anteriores en el occipital lateralmente con respecto al recto posterior mayor.

Músculo oblicuo inferior de la cabeza

Se origina en la apófisis espinosa del axis y termina insertándose en la apófisis transversa del atlas en el punto donde se origina el oblicuo superior.

Entre los músculos recto posterior mayor y los oblicuos se delimita el **triángulo suboccipital** (triángulo nucal). En esta región camina la arteria vertebral antes de atravesar la membrana occipitoatloidea y puede ser comprimida por los músculos mencionados durante las rotaciones.

La **musculatura suboccipital** comprende a los músculos rectos posteriores y oblicuos de la cabeza junto a los

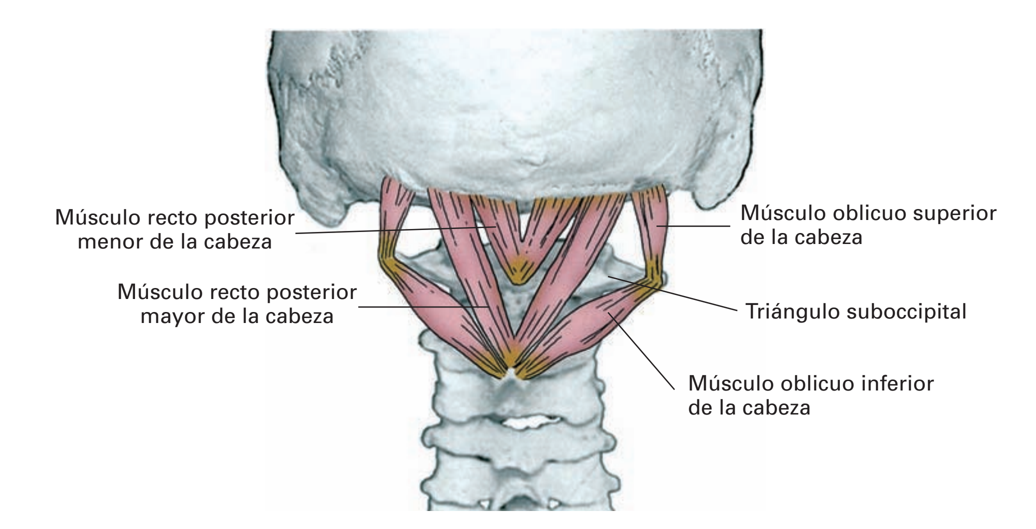


Figura 5-59. Músculos profundos del plano posterior del cuello.

músculos rectos anteriores y laterales, que se localizan en el plano más profundo la región anterior del cuello.

Función

Los músculos rectos y oblicuos desempeñan un papel principal en el mantenimiento en posición de la cabeza, a modo de ligamentos activos. Además, los músculos rectos y el oblicuo superior son extensores de la cabeza y pueden intervenir en las rotaciones. El músculo oblicuo inferior gira el atlas sobre el axis interviniendo en las rotaciones de la cabeza.

Inervación

La inervación de los músculos del plano profundo del dorso del cuello procede de las ramas dorsales de los nervios cervicales.

Los músculos comunes a la columna vertebral presentes en el plano profundo del cuello son los **músculos interespinosos** dispuestos entre las apófisis espinosas y el componente cervical del **sistema transversoespinal** (músculos rotadores y multífidos y semiespinoso) compuestos por fascículos que saltan desde las apófisis transversas a las apófisis espinosas o láminas de las vértebras suprayacentes (véase Musculatura posterior del tronco).

Plano del semiespinoso y longísimo
(Fig. 5-60)

Este plano muscular cubre el plano profundo y está formado a cada lado por cuatro músculos, que son la representación cervical y cefálica de músculos de los canales vertebrales, cuya descripción general se ha hecho en el capítulo anterior.

Músculo semiespinoso de la cabeza (músculo complexo mayor)

Se dispone en el plano más medial, a los lados del ligamento nucal. Se origina de las apófisis transversas de la seis primeras vértebras torácicas (T6) y en la proximidad de las apófisis articulares de las cuatro últimas cervicales. Desde este amplio origen forma una gruesa lámina muscular que va a insertarse en la escama del occipital entre las dos líneas nucales. El vientre muscular presenta como característica una interrupción tendinosa en su zona media, lo que le confiere propiedades de músculo digástrico (*músculo digástrico de la nuca*).

Músculo longísimo de la cabeza (músculo complexo menor)

Se origina en las apófisis transversas y articulares entre C4 y T1 y forma un vientre aplanado que asciende lateral al semiespinoso de la cabeza para insertarse en el vértice y borde posterior de la apófisis mastoides.

Músculo longísimo del cuello

Es una lámina muscular situada por fuera del longísimo de la cabeza que se extiende desde las apófisis transversas de las cinco primeras vértebras torácicas hasta el tubérculo posterior de las apófisis transversas de las cinco últimas vértebras cervicales.

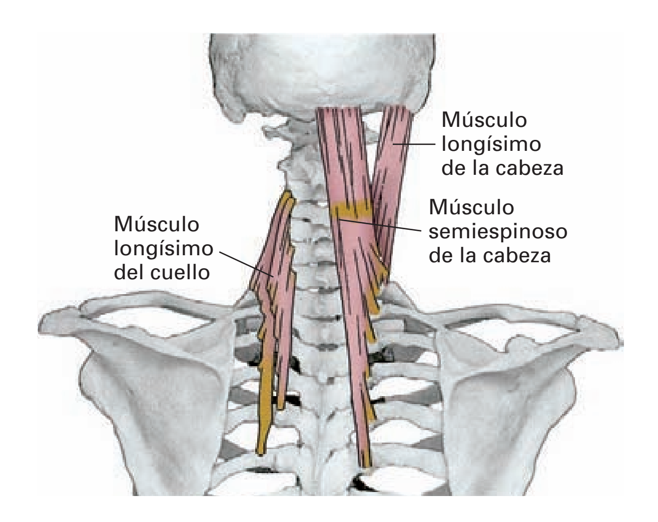


Figura 5-60. Visión posterior del cuello. Plano de los músculos semiespinoso y longísimo. Cada músculo ha sido representado unilateralmente.

Músculo iliocostal cervical (Fig. 5-74)

Se dispone lateral al longísimo del cuello y se origina en el borde superior de las seis primeras costillas por dentro del ángulo posterior y, superiormente, en el tubérculo posterior de las apófisis transversas de las cinco últimas cervicales (véase Músculos del dorso del tronco).

Inervación y función

Todos estos músculos se inervan por las ramas dorsales de los nervios espinales y funcionalmente intervienen en las extensiones de la cabeza si se contraen bilateralmente, y en las inclinaciones laterales cuando lo hacen unilateralmente.

Plano de los esplenios (Fig. 5-61)

En este plano se disponen los **músculos esplenios** y lateralmente a ellos el **músculo elevador de la escápula**, que se describirá a propósito de la musculatura del hombro.

Músculo esplenio de la cabeza

Se origina de las apófisis espinosas de C7 a T3 y en el ligamento nucal. Desde su origen, las fibras se dirigen arriba y afuera cubriendo parcialmente los músculos del plano del semiespinal y longísimo para insertarse finalmente en la apófisis mastoides y en la parte más lateral de la línea nucal superior del occipital.

Músculo esplenio del cuello

Se origina en las apófisis espinosas de T3 a T6, y asciende por fuera del anterior para insertarse en los tubérculos posteriores de las apófisis transversas de C1 a C4.

Función e inervación

Funcionalmente, los músculos esplenios, cuando se contraen bilateralmente extienden la cabeza y el cuello. Si la contracción es unilateral realizan inclinaciones y rotaciones hacia el lado que se contrae.

Los músculos esplenios se inervan por las ramas dorsales de los nervios cervicales.

Plano del trapecio (Fig. 5-61)

Es el plano más superficial y está constituido solamente por el músculo trapecio. Este músculo es una gran lámina triangular que se extiende desde la columna vertebral cérvico torácica al hombro. Se describirá a propósito de la musculatura del hombro (Cap. 6).

FASCIA CERVICAL (Figs. 5-62 y 5-64)

Al igual que otras regiones del cuerpo, la estructuras del cuello están revestidas de láminas de tejido conectivo que aíslan cada estructura de sus vecinas y que generan espacios topográficos que condicionan la difusión de las infecciones y de las hemorragias. En conjunto, las láminas co-

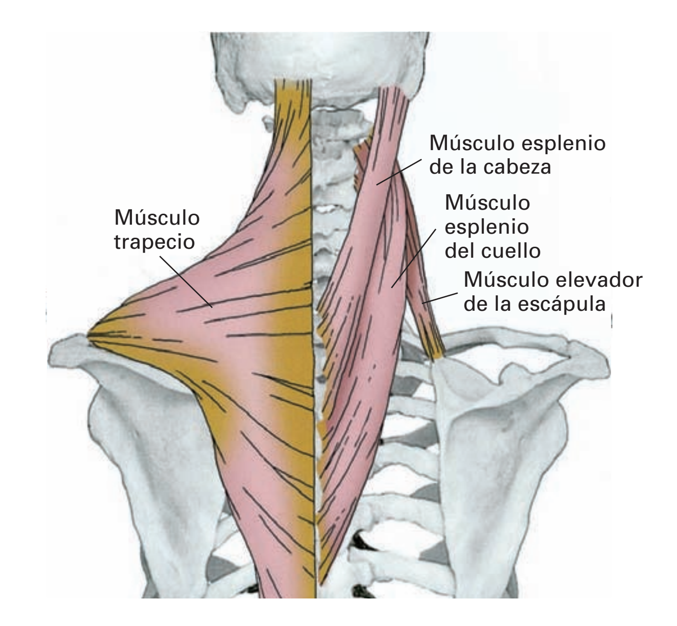


Figura 5-61. Visión posterior del cuello. Planos del músculo trapecio (izquierda) y de los músculos esplenios (derecha).

nectivas del cuello que se disponen bajo la piel reciben el nombre de **fascia cervical** (**fascia cervical profunda**), la cual se compone de los siguientes elementos:

Hoja superficial (hoja de revestimiento; Figs. 5-62 y 5-63)

Se dispone como un manguito fibroso que reviste toda la superficie del cuello por debajo de la piel y del músculo plastisma (envuelto en la **fascia superficial del cuello**) y a lo largo de su trayecto se desdobla para contener el músculo esternocleidomastoideo y el trapecio. En el extremo posterior del cuello se une junto al músculo trapecio a las apófisis espinosas cervicales y al ligamento nucal y por sus extremos se ancla en las estructuras óseas que limitan el cuello. En el extremo superior se une al contorno óseo de la cabeza, por detrás a la protuberancia occipital externa, luego a la línea nucal superior y la apófisis mastoides, y, por delante, tras desdoblarse para envolver la glándula parótida, se fija al arco cigomático por arriba y al borde inferior de la mandíbula por debajo, donde nuevamente se desdobla para englobar la glándula submaxilar. En su extremo inferior se une también en un contorno circular que

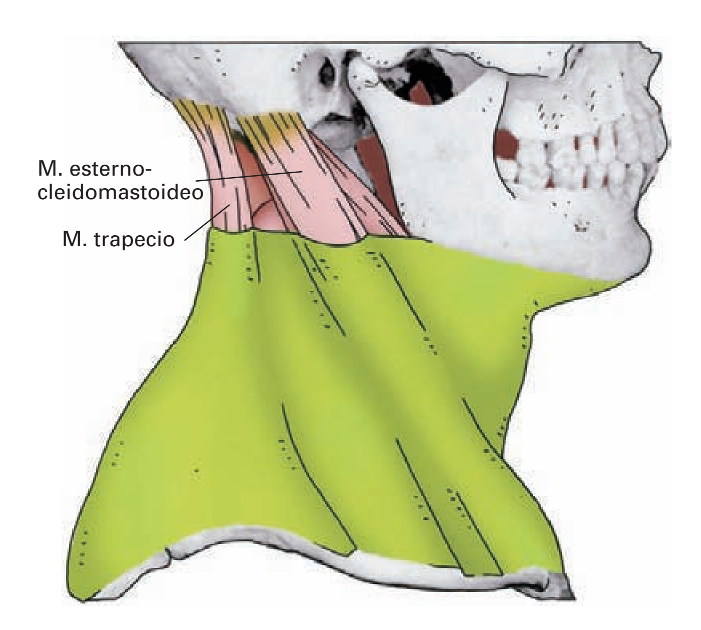


Figura 5-63. Visión lateral del cuello en la que se representa la hoja superficial de la fascia profunda del cuello.

Figura 5-62. Sección transversal del cuello a nivel de la glándula tiroides. Las tres hojas de la fascia del cuello han sido representadas en diferentes tonos de verde.

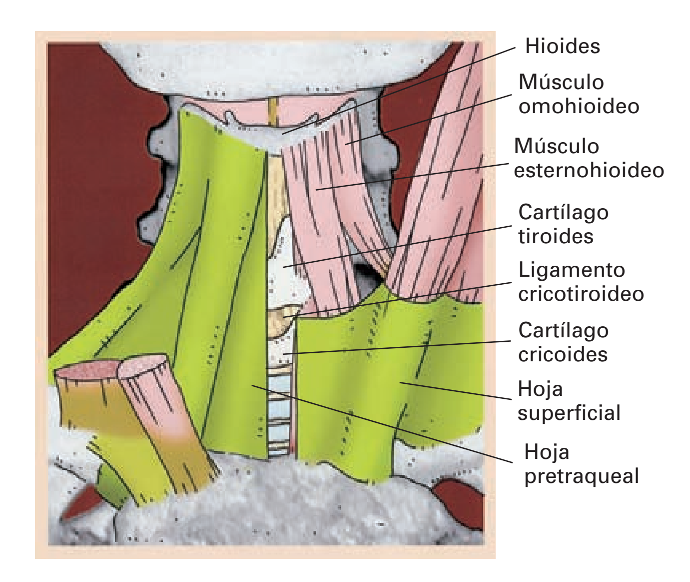


Figura 5-64. Visión anterior del cuello que ilustra en el lado izquierdo la disposición de la porción muscular de la hoja pretraqueal de la fascia profunda del cuello. En el lado derecho se ha representado la parte inferior de la hoja superficial.

comprende la espina de la escápula, el acromion, la clavícula y el manubrio esternal. Por encima del manubrio del esternón está desdoblada en dos hojas que delimitan el **espacio supraesternal**, el cual está recorrido por una vena anastomótica de disposición transversal que una las yugulares anteriores (**arco venoso yugular**).

Hoja pretraqueal (Figs. 5-62 y 5-64)

Es mucho más fina que la hoja superficial e incluye una fascia de forma triangular dispuesta en la celda anterior del cuello englobando los músculos infrahioideos (*aponeurosis cervical media*) y el tejido conectivo que rodea las vísceras del cuello (*vaina visceral*).

La porción muscular se extiende entre los músculos omohioideos revistiendo el resto de los músculos infrahioideos. En su extremo superior se une al hioides y en el extremo inferior a la clavícula y el borde superior del manubrio esternal. En esta zona inferior se encuentra soldada al desdoblamiento de la hoja superficial que delimita el espacio supraesternal.

La porción visceral de la hoja pretraqueal aloja la glándula tiroides, la tráquea y el esófago. A nivel de la glándula tiroides se forma una envoltura que, en gran medida, se fusiona con la porción muscular. Entre el plano posterior de las vísceras y la hoja prevertebral se delimita un espacio que permite el paso de infecciones desde el cuello al tórax.

Por debajo del istmo de la glándula tiroides descienden las venas tiroideas inferiores envueltas en una condensación conectiva continua con la vaina tiroidea, que por medio del tronco venoso braquiocefálico izquierdo alcanza el pericardio (*lámina tiropericárdica*).

Hoja prevertebral (aponeurosis cervical profunda; Fig. 5-62)

Es una lámina conectiva de consistencia irregular que reviste por delante los músculos prevertebrales y los escalenos. Lateralmente a los escalenos se extiende hacia atrás hasta alcanzar la hoja superficial, pero este componente está en general poco desarrollado y no forma un tabique consistente. En su extremo superior se une a la base del cráneo revistiendo los músculos más craneales de esta región. En su extremo inferior se continúa por el mediastino torácico donde se adhiere al ligamento longitudinal anterior. A nivel del extremo inferior del escaleno anterior, emite una expansión (**vaina axilar**) que envuelve las estructuras vásculo-nerviosas (plexo cervical y arteria subclavia) que se dirigen a la axila.

La expansión que emite esta hoja hacia la axila explica que, infecciones o hemorragias localizadas en el cuello por detrás de la aponeurosis prevertebral, puedan ser drenadas hacia la axila.

Vaina carotídea (Fig. 5-62)

Es una condensación del tejido conectivo que rodea el paquete vásculo nervioso formado por la arteria carótida común, la vena yugular interna y el nervio vago.

CAVIDAD ABDOMINAL

En la parte media del tronco, el único componente esquelético es la columna vertebral. Los músculos, uniéndose por arriba a los arcos costales y por abajo al cinturón pélvico, forman una amplia cavidad, el abdomen, donde se alojan numerosas vísceras que incluyen la mayor parte del aparato digestivo, los riñones y el bazo.

La cavidad abdominal se separa del tórax por el músculo diafragma y hacia abajo se continúa, sin límites anatómicos, con la cavidad pélvica. Desde el punto de vista funcional, la ausencia de elementos esqueléticos en la mayor parte de la pared abdominal confiere una gran movilidad a esta región del tronco. Además, la pared muscular al contraerse, modifica la presión en la cavidad, interviniendo en el vaciamiento de las vísceras huecas abdominales y en la dinámica respiratoria. Como contrapartida a estas ventajas funcionales, existen zonas en las paredes abdominales que pueden debilitarse facilitando la aparición de *hernias*, al permitir la proyección hacia el exterior del abdomen de algún componente del contenido abdominal. En el presente apartado se describen los músculos y las fascias que forman las paredes abdo-

minales. De ellos, el **músculo diafragma**, que forma el techo abdominal, ha sido previamente analizado y el **músculo psoas**, que contribuye aformar la pared abdominal posterior, se describirá a propósito de la musculatura de la extremidad inferior (Cap. 7).

PARED ANTEROLATERAL DEL ABDOMEN

Esta es la pared más extensa del abdomen y está formada por dos bandas musculares longitudinales dispuestas en el plano anterior, los **músculos rectos del abdomen**, y tres grandes láminas musculares superpuestas, los **músculos anchos del abdomen**, que se extienden entre los arcos costales y el extremo anterosuperior del hueso coxal, cerrando el amplio espacio delimitado por detrás por la columna vertebral y los músculos que la rodean, y por delante, por los músculos rectos. Las aponeurosis asociadas a estos músculos completan el cierre del abdomen.

Músculo recto del abdomen
(Figs. 5-65, 5-69 y 5-70)

Es una potente cinta muscular que se dispone en la pared anterior del abdomen a ambos lados de la línea media. Se origina en la cresta del pubis y en los ligamentos de la sínfisis púbica, y asciende verticalmente para insertarse en la apófisis xifoides del esternón y en los cartílagos costales 5, 6 y 7. Es un músculo poligástrico que está dividido en segmentos por la presencia de 2 ó 3, o incluso más, bandas fibrosas transversales (**intersecciones tendinosas**). La intersección más constante se sitúa a nivel del ombligo, la más superior a nivel de la apófisis xifoides y a una distancia intermedia entre estas dos, se dispone con frecuencia una tercera intersección, que suele ser incompleta. La presencia de intersecciones por debajo del ombligo es menos frecuente. En los sujetos musculosos, las intersecciones tendinosas se aprecian con claridad en la superficie abdominal como surcos que se intercalan en el relieve que forma el vientre muscular al contraerse. El borde interno de músculo es más o menos rectilíneo, mientras que el borde externo, dibuja una línea curva cóncava hacia la línea media (**línea semilunar**).

El músculo está contenido en un estuche aponeurótico (**vaina del recto**), de importancia clínica, que, como se describirá más adelante, se forma en gran medida a partir de las aponeurosis de los músculos anchos. La hoja anterior de la vaina del recto recubre por completo al músculo y se encuentra adherida a las intersecciones tendinosas. La hoja posterior, por el contrario, es incompleta, pues se interrumpe a nivel del tercio inferior del músculo delimitando un borde curvado, la **línea arqueada** (*arco de Douglas*; Fig. 5-70). Además, la hoja posterior no se adhiere ni al músculo ni a las intersecciones tendinosas, por lo que si se produce una hemorragia en el músculo, en el plano anterior, el líquido queda contenido entre dos intersecciones tendinosas, mientras que en el plano posterior, puede deslizarse libremente para coleccionarse en la proximidad de la pelvis.

Función

El músculo recto del abdomen es un potente flexor del tronco. A diferencia de los músculos anchos, su papel en el incremento de la presión abdominal no es importante.

> Desde el punto de vista clínico, es importante señalar que en cirugía plástica se emplean con frecuencia fragmentos de este músculo y de la piel que lo recubre como injertos para reconstruir lesiones graves de la pared corporal e incluso de una mama amputada. El hecho de que los vasos que lo nutren (arterias epigástricas) discurran a lo largo de sus márgenes, facilita los injertos manteniendo un pedículo vascular que asegure la nutrición.

Inervación

El recto abdominal es inervado por los 6 últimos nervios torácicos. La distribución de los nervios en el recto es predominantemente segmentaria. A diferencia de lo que ocurre en los músculos anchos del abdomen, las interconexiones entre los diferentes territorios de los nervios son débiles, por lo que el cirujano no debe lesionarlos durante las intervenciones quirúrgicas.

Línea alba[18] (Fig. 5-65)

En la parte más anterior del abdomen, la pared abdominal está formada únicamente por una potente aponeurosis denominada línea alba. Esta estructura une entre sí las vainas de los rectos. Al igual que éstas, se forma por las aponeurosis de los músculos anchos (véase Inserciones anteriores de los músculos anchos) que, tras recubrir los rectos, se dirigen hacia la línea media, donde los componentes fibrilares procedentes de ambos lados, se entrecruzan formando una estructura fibrosa sólida. En la línea alba se sitúa el ombligo, que es la cicatriz que persiste de la eliminación del cordón umbilical del recién nacido. Por encima del ombligo, la línea alba tiene una amplitud considerable, pero por debajo, es prácticamente una línea de unión entre las vainas de los rectos.

---
[18] Del latín *albus* = blanco.

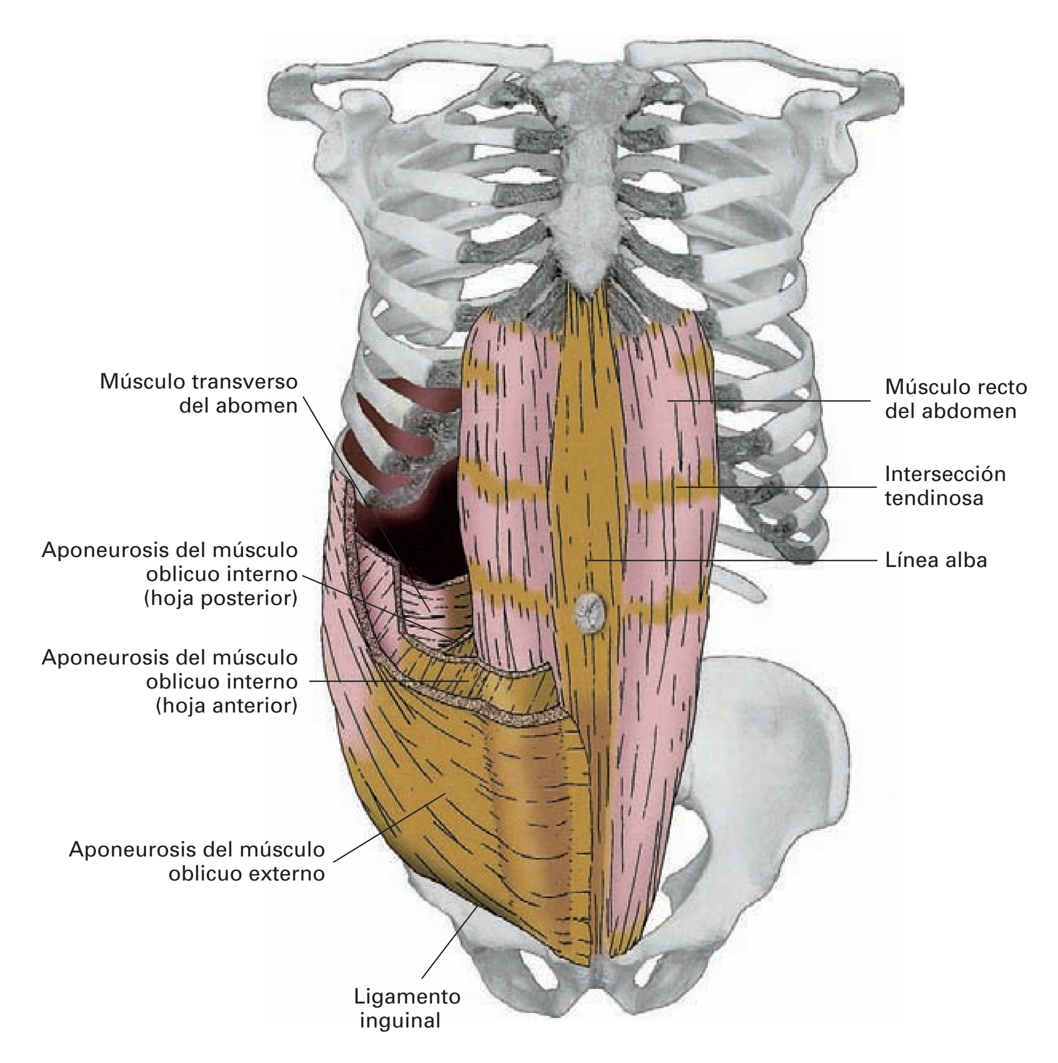


Figura 5-65. Visión anterior del tronco que ilustran los músculos de la pared anterolateral del abdomen. Los músculos anchos han sido eliminados en el lado derecho y seccionados en el izquierdo, para ver el comportamiento de sus aponeurosis en la formación de la vaina del recto.

La zona del ombligo de la línea alba es uno de los puntos débiles de la pared abdominal donde se pueden producir hernias (*hernia umbilical*). La zona de la línea blanca situada por encima del ombligo también puede dar lugar a hernias (*hernias epigástricas*). Estas hernias son particularmente frecuentes en mujeres que han tenido varios hijos. La razón es que por las dilataciones que sufre el abdomen durante el embarazo, los músculos rectos se debilitan y la línea alba se ensancha, convirtiéndose en una zona extremadamente débil.

Músculo piramidal

Contenido en el interior de la vaina del recto, y situado por delante del extremo inferior de las fibras del recto, se dispone un pequeño vientre muscular inconstante, el **músculo piramidal**. Se origina de la cresta del pubis y asciende oblicuamente hacia el borde interno del la vaina del recto para insertarse en el límite con la línea alba. Se le suele asignar una función como tensor de la línea alba.

Músculos anchos del abdomen
(Figs. 5-65 y 5-69)

Son tres grandes láminas musculares superpuestas que forman la mayor parte de la pared abdominal. La lámina más externa es el **músculo oblicuo externo** (*oblicuo mayor*), a continuación, se dispone el **músculo oblicuo interno** (*oblicuo menor*) y finalmente, el más profundo es el **músculo transverso del abdomen**. Todos ellos presentan las siguientes características comunes:

1) Son láminas musculares planas.
2) Por su borde anterior, se continúan con una amplia lámina aponeurótica de inserción que contribuye a formar la vaina del músculo recto y la línea alba.

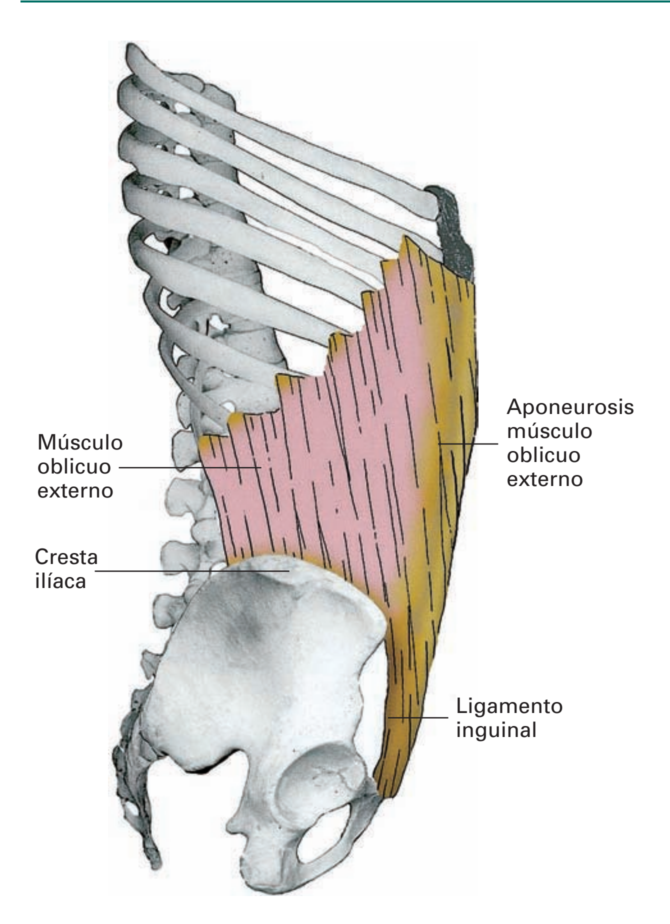


Figura 5-66. Músculo oblicuo externo del abdomen en una visión lateral.

Las descripciones más recientes tienden a considerar a los músculos anchos como pares de músculos digástricos, mientras que la línea blanca, representaría un tendón intermedio donde se entrecruzan fibras procedentes de ambos lados.

3) Las fibras de cada músculo presentan una orientación diferente; las del oblicuo externo van hacia delante y hacia abajo, las del oblicuo interno hacia delante y hacia arriba, y las del transverso son horizontales. De esta manera, la superposición de los músculos crea una rejilla muscular que impide que se produzcan hernias.

> En algunas intervenciones quirúrgicas del abdomen, el cirujano, después de seccionar la piel, puede acceder a la cavidad abdominal solamente separando las fibras de cada plano muscular, sin necesidad de seccionarlas, evitando de esta manera la formación de cicatrices en el músculo que puedan debilitar la pared.

4) En la región comprendida entre la espina ilíaca anterosuperior y el pubis presentan una inserción compleja que da lugar a la formación del conducto inguinal.

Músculo oblicuo externo (Figs. 5-66 y 5-69)

Se origina de la cara externa y el borde inferior de los seis u ocho últimos arcos costales mediante inserciones carnosas que se interdigitan con las de los músculos serrato anterior y dorsal ancho. En conjunto, esta inserción dibuja una línea oblicua hacia abajo y atrás, que es reconocible en la superficie cutánea de las personas delgadas y musculosas. Desde este origen, las fibras del oblicuo descienden hacia abajo y hacia delante.

Las fibras más posteriores son las más verticales y se insertan en los dos tercios anteriores de la cresta ilíaca. El resto de fibras del oblicuo externo se continúa con una potente aponeurosis, la **aponeurosis del oblicuo externo,** a través de la cual se unen a las estructuras vecinas.

La porción de la aponeurosis que continúa las fibras más anteriores del oblicuo externo, reviste por delante el recto anterior del abdomen formando parte de su vaina, para luego incorporarse a la línea alba, donde las fibras quedan anclandas al entrecruzarse las de un lado con las del lado opuesto.

La parte inferior de la aponeurosis del oblicuo externo, que continúa las fibras intermedias del músculo, es la más compleja y termina en el espacio comprendido entre la espina ilíaca anterosuperior y la sínfisis del pubis (Fig. 5-69). En el espacio comprendido entre la espina ilíaca anterosuperior y el tubérculo púbico, las fibras de la aponeurosis, en lugar de insertarse en el hueso coxal, forman un borde nítido de reflexión para unirse rapidamente en un plano más profundo con la **fascia transversalis,** que tapiza profundamente los músculos anchos del abdomen. Al borde libre de reflexión de las fibras de la aponeurosis del oblicuo externo que se extiende entre la espina ilíaca anterosuperior y el tubérculo púbico, se le denomina **ligamento inguinal** (*arco femoral* o *arco crural*). Esta estructura, por lo tanto, se dispone a modo de puente sobre el borde anterior del hueso coxal delimitando un amplio espacio que permite el paso del músculo iliopsoas y de los vasos ilíacos externos desde la pelvis hasta la extremidad inferior (Fig. 5-71). El músculo discurre por la parte externa del espacio, denominada **laguna muscular;** los vasos lo hacen por la parte interna, denominada **laguna vascular** (entre ambas se intercala un tracto fibroso, el **arco iliopectíneo**). En el extremo interno del ligamento inguinal, alguna de sus fibras, en lugar de reflexionarse hacia el plano profundo, se extienden hacia abajo para insertarse en la superficie pectínea del borde anterior del hueso coxal. A estas fibras se les denomina **ligamento lagunar** (*ligamento de Gimbernat*[19]), ya que constituyen el límite interno de la laguna vascular. La inserción de este ligamento en la superficie pectínea junto a otras estructuras (fascia del músculo pectíneo y tendón conjunto) crea un refuerzo perióstico denominado **ligamento pectíneo** (*ligamento de Cooper*).

[19] Antonio de Gimbernat (1734-1816), anatomista y cirujano español.

En la zona límite entre el extremo inferior del recto abdominal y el extremo interno del ligamento inguinal (Fig. 5-69), las fibras de la aponeurosis del oblicuo externo están separadas entre sí y se establece una abertura triangular de base inferior que contribuye a formar el **orificio superficial del conducto inguinal**. A las fibras que forman el margen lateral de la abertura se les denomina **pilar lateral del oblicuo externo,** y se corresponden con las fibras más internas del ligamento inguinal que se insertan en el tubérculo púbico. Las fibras que se sitúan en el margen medial de la hendidura se disponen en dos planos, uno superficial y otro profundo. Las fibras superficiales reciben el nombre de **pilar medial del oblicuo externo** y van a insertarse en la sínfisis del pubis por delante del recto abdominal, entrecruzándose las de un lado con las del lado opuesto. Las profundas, que son menos consistentes, reciben el nombre de **ligamento reflejo** (*pilar posterior*) y van a constituir un refuerzo de la zona del anillo inguinal superficial del lado opuesto. Para ello, descienden más horizontales que las fibras del pilar medial, insertándose en el tubérculo púbico y la superficie pectínea del coxal del lado opuesto, donde confluyen con el ligamento lagunar correspondiente.

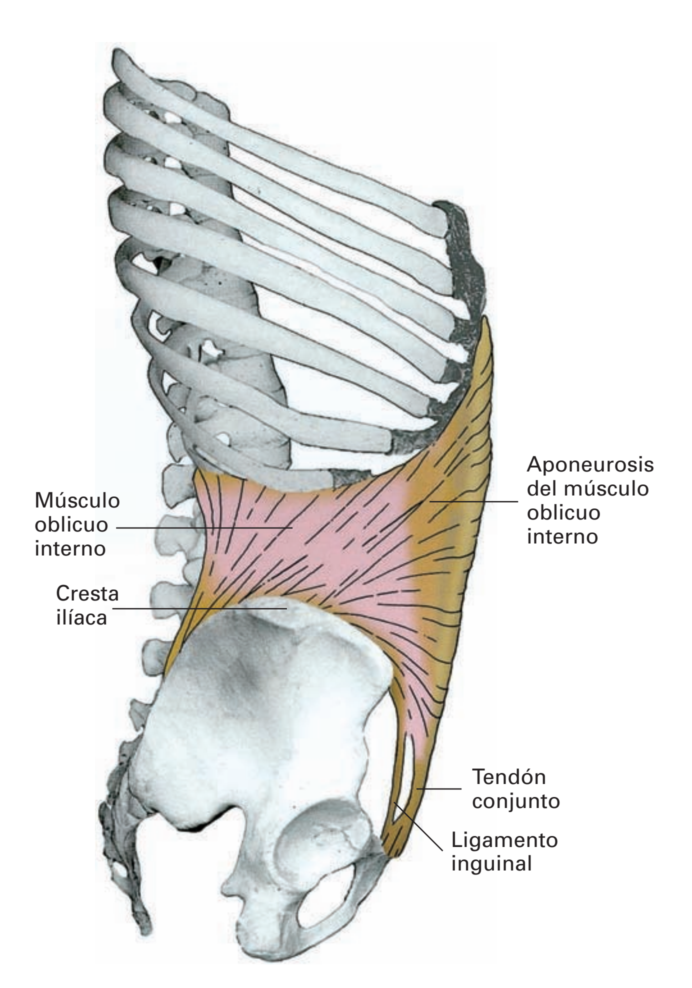


Figura 5-67. Músculo oblicuo interno del abdomen en una visión lateral.

En su trayecto, el ligamento reflejo contribuye a delimitar por debajo el orificio superficial del conducto inguinal.

En la superficie de la aponeurosis del oblicuo externo se disponen algunas fibras superficiales de orientación oblicua que cruzan la zona de separación de los pilares lateral y medial (**fibras intercrurales**), delimitando por arriba el orificio inguinal superficial.

En cuanto a la contribución del músculo oblicuo externo a la formación de la pared abdominal, tiene interés el hecho de que, al no presentar inserciones en el plano posterior del abdomen, entre el borde posterior del músculo y la columna vertebral queda un espacio triangular de base inferior desprovisto de fibras de este músculo. En la mayoría de las personas, esta región está tapizada por el músculo dorsal ancho. Sin embargo, el dorsal ancho puede no estar suficientemente desarrollado, y se genera una hendidura entre el oblicuo externo y dorsal ancho, denominada **trígono lumbar** (*triángulo de Petit*) en la que la pared abdominal se encuentra debilitada.

Músculo oblicuo interno (Figs. 5-67 y 5-69)

Se dispone profundamente al externo. Se origina en la parte inferior del abdomen insertándose en la mitad externa del ligamento inguinal, en los dos tercios anteriores de la cresta ilíaca y, más posteriormente, en las apófisis espinosa y transversa de la quinta vértebra lumbar por medio de una lámina aponeurótica que se fusiona a la fascia toracolumbar. Desde este origen, las fibras se abren en abanico dirigiéndose oblicuamente hacia arriba y hacia dentro. Las fibras más posteriores ascienden para alcanzar los últimos cartílagos costales. Las fibras anteriores se continúan con una lámina aponeurótica, la **aponeurosis del oblicuo interno**, que se dirige hacia el borde lateral del músculo recto abdominal, donde se desdobla en dos hojas, una superficial y otra profunda. La hoja superficial se fusiona a la aponeurosis del oblicuo externo y forma parte de la hoja superficial de la vaina del recto abdominal. La hoja profunda se fusiona a la aponeurosis del músculo transverso y contribuye a formar la hoja posterior de la vaina del recto. Un componente importante de las fibras de la hoja profunda se une por arriba a los cartílagos costales.

En el tercio inferior del músculo recto, la aponeurosis del oblicuo externo carece de desdoblamiento y todo el componente fibrilar se incorpora a la hoja anterior de la vaina del recto. Esta disposición peculiar de la aponeurosis del oblicuo explica que la hoja posterior de la vaina del recto sea incompleta, interrumpiéndose como ha sido descrito (véase Músculo recto abdominal), a nivel de la línea arqueada. Las fibras de la aponeurosis del oblicuo interno, al igual que hemos descrito para la aponeurosis del oblicuo externo, cuando alcanzan el borde medial de la vaina del recto, se incorporan a la línea alba.

El componente de fibras del músculo oblicuo interno, que se origina de la mitad externa del ligamento inguinal,

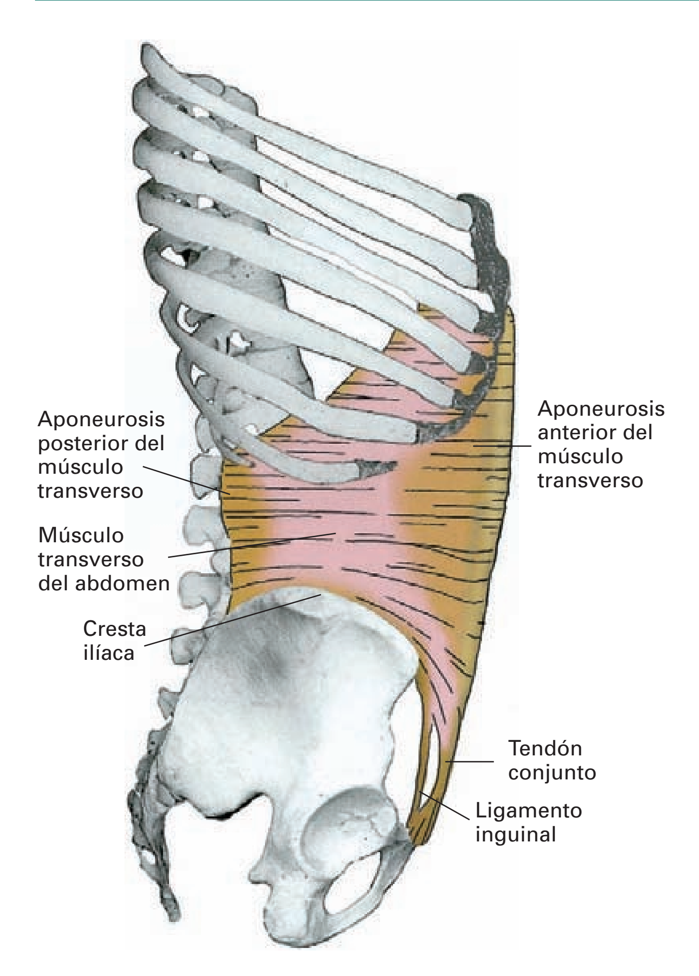


Figura 5-68. Músculo transverso del abdomen en una visión lateral.

tiene particular interés anatómico, ya que contribuye a la formación del conducto inguinal (Fig. 5-69). La zona de origen de estas fibras se corresponde con la laguna muscular, donde el ligamento inguinal está íntimamente unido a la vaina del psoas. Desde ese origen, las fibras forman un arco sobre la parte interna del ligamento inguinal y se continúan con la aponeurosis de inserción, que en esta región está reforzada dorsalmente por la aponeurosis del músculo transverso, recibiendo el nombre de **hoz inguinal** (**tendón conjunto**). Las fibras del tendón conjunto dibujan un arco sobre la parte interna del ligamento inguinal y terminan en la cresta pectínea, y la cresta del pubis por delante de la inserción del recto abdominal, profundamente a los pilares del oblicuo externo.

Músculo transverso del abdomen

(Figs. 5-68 y 5-69)

Es el más profundo de los músculos anchos. Presenta una amplia zona de origen en forma de C abierta hacia delante. Por arriba, se inserta en la cara profunda de los seis últimos arcos costales interdigitándose con las inserciones del músculo diafragma. A continuación, las fibras del transverso se unen por medio de una potente aponeurosis (**aponeurosis posterior del transverso**) a las apófisis transversas de las 4 primeras vértebras lumbares. Finalmente, en la zona caudal se insertan en los dos tercios anteriores de la cresta ilíaca y en el tercio externo del ligamento inguinal. Desde esta amplia región de origen, las fibras musculares se dirigen horizontalmente hacia delante, a modo de cinturones superpuestos, y se continúan con una aponeurosis anterior, la **aponeurosis del transverso**, que cuando alcanza el borde externo del músculo recto abdominal, se incorpora a su vaina. En los dos tercios superiores del recto, la aponeurosis del transverso se incorpora a la hoja posterior, fusionándose a la hoja posterior del oblicuo interno. En el tercio inferior del músculo, la aponeurosis del transverso pasa por delante del recto incorporándose a la hoja anterior de su vaina. La línea arqueada de la hoja posterior de la vaina del recto marca la zona en que la aponeurosis del transverso se hace anterior. Medialmente al músculo recto abdominal, las fibras de la aponeurosis del transverso se incorporan a la línea alba.

Los fascículos del músculo transverso que surgen del ligamento inguinal (Fig. 5-69), se fusionan a los del oblicuo interno constituyendo entre ambos la **hoz inguinal** o **tendón conjunto**, que delimita con el ligamento inguinal un ojal desprovisto de este componente de la pared, que ha sido descrito a propósito del músculo oblicuo interno.

Inervación de los músculos anchos

Los tres músculos anchos se inervan por las ramas ventrales de los 6 últimos nervios torácicos. El oblicuo interno y el transverso reciben además una contribución del primer nervio lumbar.

> Los territorios de los diferentes nervios se entremezclan, por lo que las secciones de estos músculos no suele crear problemas de debilitamiento de la pared.

Funciones de los músculos anchos

Los músculos anchos de ambos lados, al actuar conjuntamente, comprimen la cavidad abdominal incrementando la presión intraabdominal. Mediante esta acción participan en los movimientos de vaciamiento de las vísceras abdominopélvicas (defecación, vómito, micción, parto) y en la dinámica respiratoria, empujando al diafragma hacia arriba para reducir el diámetro vertical del tórax durante la espiración.

Los músculos oblicuos externo e interno de ambos lados, al contraerse conjuntamente, contribuyen a la flexión del tronco.

El oblicuo externo de un lado, al contraerse junto al interno del lado opuesto, causa una flexión y rotación del tronco hacia el lado del oblicuo interno.

La composición fibrilar de los músculos anchos del abdomen y del músculo recto abdominal es indicativa de que en ellos predomina la actividad tónica. En todos ellos, predominan las fibras rojas (fibras tipo I) de contracción lenta y resistentes a la fatiga (entre el 52 y el 69 %), y en menor medida, las fibras mixtas de contracción rápida y resistentes a la fatiga (entre el 28 % y el 40 %; fibras tipo 2A), mientras que el número de fibras blancas de contracción y fatiga rápidas es muy escaso (entre el 3 y 5 %; fibras tipo 2B). De todos ellos, el oblicuo externo es el que posee menor proporción de fibras rojas y mayor de fibras blancas, lo que es indicativo de una mayor actividad dinámica en movimientos que requieren contracciones rápidas.

Músculo cremáster (Fig. 11-10)

Durante el desarrollo prenatal en la región inguinal, los músculos anchos son atravesados por el testículo cuando desciende hacia las bolsas escrotales, y en este descenso, arrastra fibras del músculo oblicuo interno de la zona correspondiente al ligamento inguinal. Después del nacimiento, las fibras desprendidas discurren formando asas por la superficie del cordón espermático en dirección al testículo, con el nombre de músculo cremáster. Desde el punto de vista funcional, estas fibras actúan de forma refleja elevando el testículo con el sentido de regular la temperatura. Cuando el cremáster se relaja, el testículo cuelga a mayor distancia del conducto inguinal, lo que facilita una pérdida de calor y, por lo tanto, crea al testículo unas condiciones de inferior temperatura adaptándole a situaciones de mucho calor ambiental. Por el contrario, al contraerse el cremáster, el testículo asciende hacia el conducto inguinal, lo que incrementa su temperatura adaptando el testículo a condiciones de frío ambiental.

En la mujer puede existir una escasa representación de las fibras del cremáster asociadas al ligamento redondo. (véanse más detalles en Envolturas del testículo). Este músculo está inervado por el nervio genitofemoral.

Fascia transversal (Figs. 5-69 y 5-70)

Es una fascia de importancia médico-quirúrgica que se sitúa profundamente al músculo transverso del abdomen y

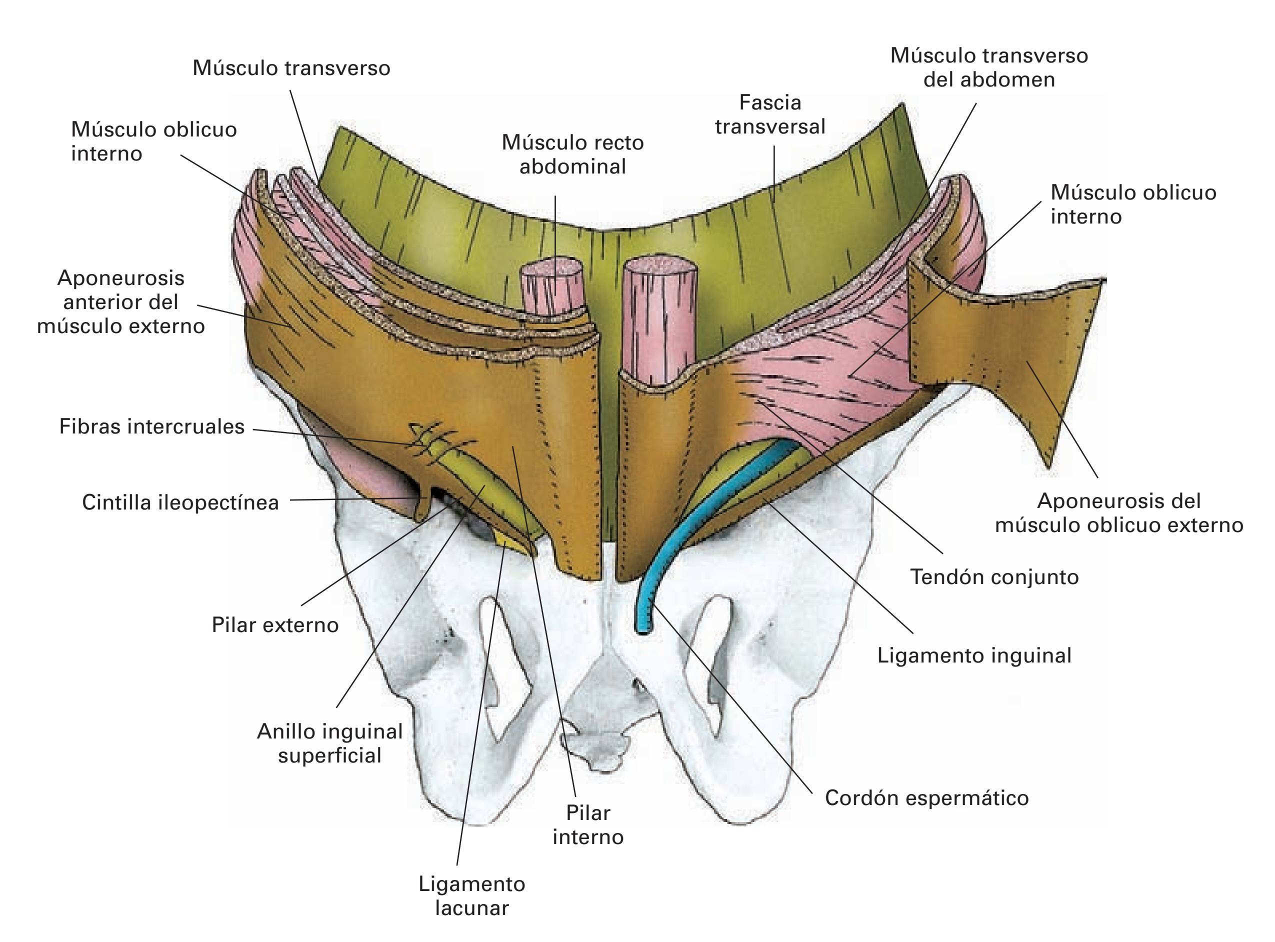


Figura 5-69. Representación esquemática de las inserciones de los músculos anchos y de la fascia transversal en la zona de formación del conducto inguinal. En el lado derecho se ha representado el trayecto del cordón espermático (azul) y se ha reclinado el oblicuo externo para mostrar el tendon conjunto.

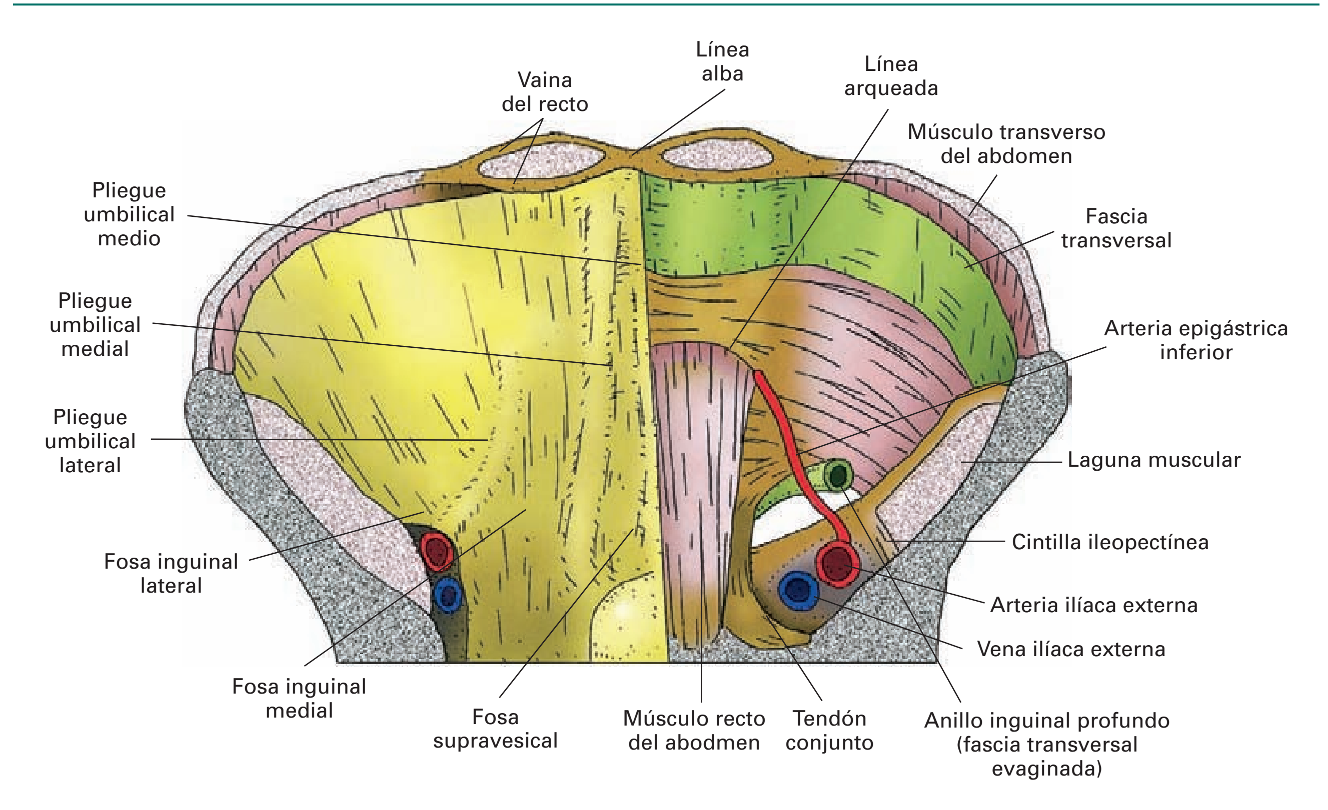


Figura 5-70. Porción inferior de la pared abdominal anterior vista desde el interior de la cavidad abdominal. En el lado izquierdo, se ha conservado el peritoneo parietal (amarillo) para mostrar la formación de las fosas inguinales. En el lado derecho, se ha eliminado el peritoneo y la porción inferior de la fascia transversal (verde) para descubrir el conducto inguinal. Nótese, no obstante, que en esta región se ha representado la evaginación de la fascia transversal que envuelve al cordón espermático a partir del anillo inguinal profundo.

a sus aponeurosis. Profundamente a la fascia transversal, se encuentra el peritoneo parietal (Fig. 5-70). En general, la disposición de esta fascia es la misma que la del músculo transverso del abdomen. Sin embargo, en algunas regiones su comportamiento difiere de la del transverso y sus aponeurosis. Así, a nivel del recto del abdomen, la fascia transversal reviste la totalidad de su cara posterior, de forma que en la parte alta del músculo tapiza profundamente la hoja posterior de su vaina fibrosa, y por debajo de la línea arqueada, cuando las aponeurosis del transverso y oblicuo interno se hacen anteriores, la fascia transversal continúa aplicada a la cara posterior del recto desprovista de estuche fibroso. Del mismo modo, a nivel del ligamento inguinal, donde las fibras del músculo transverso forman un puente sobre esta estructura para incorporarse al tendón conjunto, la fascia transversal desciende hasta el ligamento y se adhiere íntimamente a las fibras incurvadas de la aponeurosis del músculo oblicuo externo, que como se ha descrito anteriormente, forman el ligamento inguinal. En la parte externa del ligamento inguinal (laguna muscular) y en la cresta ilíaca, la fascia transversal se agota a nivel de la inserción del músculo transverso y más inferiormente se dispone la fascia ilíaca, que de alguna manera, continúa la fascia transversal hacia abajo. En la zona de la laguna vascular, las fibras de la fascia transversal no se agotan al unirse al ligamento inguinal. A nivel de los vasos ilíacos se evagina tapizándolos por delante cuando éstos atraviesan la laguna vascular para continuarse con los vasos femorales contribuyendo a formar la vaina vascular femoral. Internamente a los vasos, la fascia se extiende hacia abajo para insertarse en la cresta pectínea, formando un tabique pequeño y poco consistente, el **septo femoral** (Fig. 5-71), que es atravesado por los vasos linfáticos que cruzan la laguna vascular. El septo femoral es una zona débil de la pared abdominal donde se producen la mayoría de las hernias crurales.

Por encima del ligamento inguinal, y a medio camino entre la espina ilíaca anterosuperior y la sínfisis del pubis, la fascia transversal presenta el **anillo inguinal profundo**, que es un punto donde la fascia se evagina para formar una envoltura, la fascia espermática interna, al conducto deferente en el hombre y al ligamento redondo en la mujer, en la zona en que estas estructuras atraviesan la pared abdominal. En la vecindad del anillo inguinal profundo, la fascia transversal presenta un engrosamiento fibroso denominado **ligamento interfoveolar** (*ligamento de Hesselbach*). Las fibras del ligamento interfoveolar se originan en el extremo lateral de la línea arqueada de la vaina del recto abdominal, y descienden hacia el anillo inguinal profundo para formar un bucle que rodea por dentro y por debajo al anillo.

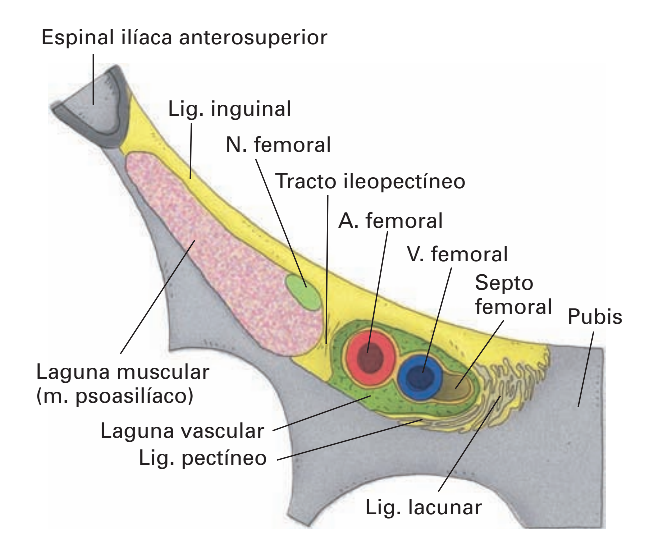


Figura 5-71. Representación esquemática del ligamento inguinal y de las lagunas vascular y muscular sobre el borde anterior del ilíaco (gris).

En la parte alta del abdomen, la fascia transversal tiene muy poca consistencia, y en el límite superior del músculo transverso, se continúa con la fascia que recubre la cara abdominal del músculo diafragma.

En la parte posterior del abdomen la fascia transversal se agota a nivel de la inserción del transverso, y se continúa con la fascia que tapiza los músculos de la pared posterior abdominal.

Fascia superficial de la pared anterolateral del abdomen

El panículo adiposo (**fascia superficial**) en la parte baja de la pared anterior del abdomen se organiza en dos hojas bien definidas, una **superficial** (*fascia de Camper*) y otra profunda, **membranosa** (*fascia de Scarpa*). Esta última está fuertemente adherida a la línea alba y en el varón se extiende por abajo hacia el pene contribuyendo a formar el **ligamento en fronda**. A nivel del pliegue inguinal, la hoja superficial se continúa con la fascia superficial del muslo y con la de los genitales externos, mientras que la hoja membranosa se fusiona a la fascia profunda del muslo. Debido a esta disposición, las colecciones hemorrágicas del panículo adiposo de la pared abdominal no se extienden hacia el muslo.

PARED POSTERIOR DEL ABDOMEN

La pared posterior del abdomen está formada en la línea media por la columna vertebral, y asociados a sus lados, los músculos psoas y el músculo cuadrado lumbar.

Músculo psoas mayor (Fig. 5-72)

El músculo psoas mayor se estudiará con la extremidad inferior por pertenecer a ella desde el punto de vista funcional. Forma un vientre muscular cilíndrico que desciende hacia la pelvis a los lados de los cuerpos vertebrales lumbares, ocultando la cara anterior de las apófisis transversas.

El músculo psoas está revestido de una fascia que se extiende inferiormente hacia la pelvis (fascia ilíaca). Asociado a la fascia, en la parte superior del músculo aparece un refuerzo ligamentoso, el **ligamento arqueado medial del diafragma** (*arco del psoas*) de donde toman inserción algunas fibras del diafragma (véase Músculo diafragma).

Músculo psoas menor

Es un músculo pequeño e inconstante que, cuando aparece, se inserta en la parte lateral del cuerpo de las vértebras T12 y L1, y se continúa con un largo tendón que desciende por delante del psoas mayor y, después de soldarse a la fascia ilíaca, se une a la eminencia iliopúbica. Cuando está presente, puede contribuir a la flexión de la columna lumbar.

Músculo cuadrado lumbar (Fig. 5-72)

Es una masa muscular rectangular dispuesta entre la última costilla y la parte posterior de la cresta ilíaca a ambos

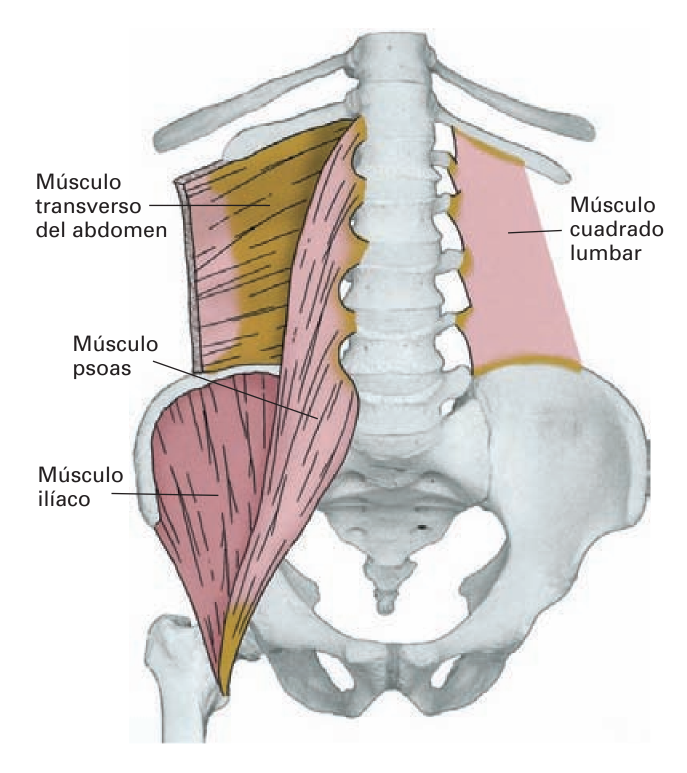


Figura 5-72. Músculos de la pared posterior del abdomen vistos desde el plano anterior. Cada músculo está representado en un único lado.

lados de las apófisis costiformes. Constituye junto con el músculo psoas y los cuerpos vertebrales lumbares, la pared posterior abdominal. Posteriormente al cuadrado de los lomos se sitúan los vientres del músculo erector de la columna, de los que está separado por la hoja media de la fascia toracolumbar.

El vientre del cuadrado lumbar está formado por fibras de diferente dirección. Existen fibras que arrancan de la parte posterior de la cresta ilíaca y el ligamento iliolumbar, para terminar en el borde inferior de la última costilla (*fibras iliocostales*). Un segundo componente de fibras con el mismo origen que las anteriores termina en el vértice de las apófisis costiformes de las cuatro primeras vértebras lumbares (*fibras iliotransversas*). Finalmente, un tercer componente fibrilar se origina en el borde inferior de la última costilla y desciende para terminar en el vértice de las apófisis costiformes.

La cara anterior del músculo está revestida de una fascia que se continúa lateralmente con la fascia transversal (Fig. 5-75). En la parte superior del músculo, presenta un refuerzo ligamentoso, el **ligamento arqueado lateral del diafragma** (*arco del cuadrado de los lomos*), que da inserción a fibras del músculo diafragma (véase Músculo diafragma).

Inervación

Procede de las ramas anteriores del último nervio torácico (nervio subcostal) y de los 3 ó 4 primeros nervios lumbares.

Acción

Su acción principal es producir inclinaciones laterales de la columna lumbar al contraerse unilateralmente. Además, interviene en la inspiración fijando la última costilla para dar estabilidad a la inserción del músculo diafragma en esta estructura.

ORIFICIOS DE LA PARED ABDOMINAL

Las paredes musculares del abdomen se encuentran atravesadas en varios puntos para permitir el paso de estructuras hacia o desde otras regiones anatómicas.

> Independientemente del propio interés anatómico de estas comunicaciones, desde el punto de vista médico revisten gran importancia, ya que en general, son puntos débiles de la pared abdominal por donde pueden producirse hernias. Además, el tratamiento de estas hernias mediante cirugía requiere la reconstrucción anatómica de la zona afectada con el fin de evitar su repetición tras la intervención quirúrgica.

Las dos regiones fundamentales donde se sitúan los orificios de comunicación con otras regiones anatómicas son el músculo diafragma y la pared lateral del abdomen a nivel de la región inguinal. Los orificios del diafragma ya han sido descritos en el estudio de este músculo. Aquí se describirán el conducto inguinal y las lagunas vascular y muscular, dispuestos todos ellos en la pared abdominal lateral, en la vecindad del ligamento inguinal.

Conducto inguinal (Figs. 5-69 y 5-70)

Es un conducto situado inmediatamente por encima del ligamento inguinal que atraviesa oblicuamente la pared del abdomen. Este conducto se labra en el período prenatal durante el descenso del testículo desde la cavidad abdominal hasta las bolsas escrotales y contiene en su interior el cordón espermático en el varón. En la mujer, el conducto inguinal es mucho más estrecho y contiene el ligamento redondo. Además de estas estructuras, en ambos sexos el conducto inguinal es recorrido por el nervio ilioinguinal.

> La importancia del nervio ilioinguinal en el conducto inguinal, es que su lesión en el transcurso de intervenciones quirúrgicas para corregir hernias inguinales causa un debilitamiento de la pared muscular vecina, facilitando que la hernia vuelva repetirse.

Para su descripción podemos distinguir en el conducto un orificio superficial, el anillo inguinal superficial, un orificio profundo, el anillo inguinal profundo, y un trayecto entre ambos, en el que describiremos cuatro paredes: techo, suelo, pared anterior y pared posterior.

El trayecto del conducto inguinal es oblicuo de profundo a superficial y de arriba abajo y está labrado en el espesor de la zona de inserción de los músculos anchos en la región del ligamento inguinal. Para comprender fácilmente el trayecto, hay que tener en cuenta que en esta región las fibras de la aponeurosis del oblicuo externo, en lugar de insertarse en el hueso coxal, se incurvan y ascienden para soldarse profundamente a la fascia transversal; se denomina ligamento inguinal a borde de reflexión de las fibras. El conducto se dispone entre la aponeurosis del oblicuo externo, que forma su pared superficial, y la fascia transversal, que forma la pared profunda, y el suelo lo forma la zona de reflexión de las fibras, es decir, el ligamento inguinal. Las fibras de los músculos oblicuo interno y transverso, como sabemos, están fusionadas a este nivel formando un puente sobre el ligamento inguinal, que se continúa con el tendón conjunto. Dada la oblicuidad del trayecto del conducto, las fibras fusionadas del oblicuo interno y transverso forman el techo, mientras que el tendon conjunto resultante de ellas se adosa a la fascia transversal incorporándose a la pared profunda.

Anillo inguinal superficial

Se dispone en el espesor de la aponeurosis del músculo oblicuo externo, inmediatamente por encima del extremo interno del ligamento inguinal. El contorno del orificio se delimita entre el pilar lateral por fuera, el pilar medial por dentro, la unión de los pilares reforzada por las fibras intercrurales por arriba y el ligamento reflejo contralateral, por abajo. Este último ocupa un plano un poco más profundo.

Anillo inguinal profundo

Se sitúa en la fascia transversal (pared profunda del conducto), unos 4 cm más lateral y 1.5 cm superior con respecto al anillo superficial. El anillo profundo es realmente un punto de evaginación de la fascia transversal que ha sido arrastrada por el testículo durante su descenso y continúa con la fascia espermática interna que reviste los componentes del cordón espermático, y el ligamento redondo en la mujer. Es importante resaltar que la porción interna e inferior del anillo está reforzada por el **ligamento interfoveolar**.

Pared externa

La forma la aponeurosis del músculo oblicuo externo.

Suelo

Lo forma el ligamento inguinal.

Pared interna

Está formada por la fascia transversal y, en la parte más medial del conducto, por el tendón conjunto que queda aplicado sobre la fascia transversal.

Techo

Lo forman las fibras fusionadas de los músculos oblicuo interno y transverso, que van a dar lugar al tendón conjunto.

Anatomía de las hernias inguinales

Desde el punto de vista médico, el conducto inguinal, especialmente en el varón, es una región débil de la pared abdominal, por donde se producen hernias inguinales. Al aumentar la presión intraabdominal, parte del contenido del abdomen, por ejemplo, un asa intestinal, es empujado hacia el exterior a través de la zona debilitada de la pared. En el conducto inguinal las hernias pueden iniciarse utilizando como punto de salida el anillo inguinal profundo (*hernias indirectas*), o bien empujando y arrastrando la pared interna del conducto (*hernias directas*). En ambos casos, el paquete herniado termina asomándose por el anillo inguinal superficial haciendo relieve bajo la piel.

Las hernias indirectas, también denominadas *oblicuas* porque siguen el mismo trayecto oblicuo que el conducto inguinal, son raras y se producen cuando existen anomalías congénitas de la región. Las hernias directas son las más frecuentes y el paquete herniado en su trayecto al exterior arrastra el peritoneo parietal y la fascia transversal. El punto de la pared posterior por el que se producen las hernias directas debe definirse con detalle, y a esto ayuda el hecho de que entre la fascia transversal y el peritoneo se acumule grasa y se localicen algunas estructuras que permiten crear referencias anatómicas (Fig. 5-70).

A nivel del anillo inguinal profundo asciende procedente de la arteria ilíaca externa la **arteria epigástrica inferior**, que se dirige hacia la línea arqueada de la vaina del recto pasando medial al anillo; por detrás de la fascia transversal que reviste el músculo recto asciende en la línea media el **ligamento umbilical medio** (*uraco*); finalmente, en un punto intermedio entre los dos asciende hacia el ombligo el **ligamento umbilical lateral** (*cuerda umbilical*). Estas tres estructuras elevan el peritoneo parietal hacia el interior de la cavidad abdominal (pliegues umbilicales medio, medial y lateral, delimitando entre ellas tres **fositas inguinales** apreciables desde el interior del abdomen (Fig. 5-70; véase también Peritoneo parietal). Entre el relieve de los ligamentos umbilicales medio y lateral se dispone la **fosita supravesical**; entre el ligamento umbilical lateral y la arteria epigástrica inferior se sitúa la **fosita inguinal medial**; y por fuera de la arteria epigástrica inferior se dispone la **fosita inguinal lateral**. El punto más habitual por el que se producen las hernias directas es la fosita inguinal medial. Las hernias oblicuas, por el contrario, tienen lugar desde la fosita inguinal lateral. Se denomina **trígono inguinal** al espacio triangular comprendido entre el borde lateral del recto abdominal, la arteria epigástrica inferior y el ligamento inguinal.

> Una referencia quirúrgica importante en la región inguinal es el espesamiento fibroso que se produce en el periostio de la superficie pectínea del pubis en la zona de inserción del ligamento lagunar y que se ha denominado el **ligamento pectíneo** (ligamento de Cooper). Su importancia radica en que se ha empleado tradicionalmente como punto resistente para suturar el tendón conjunto, con el fin de reforzar las paredes del conducto inguinal en las intervenciones de hernia inguinal. En la actualidad, los refuerzos de la pared abdominal en la cirugía de la hernia tienden a hacerse empleando láminas potésicas sintéticas.

Laguna muscular y laguna vascular
(Fig. 5-71)

El ligamento inguinal se extiende a modo de puente entre la espina ilíaca anterosuperior y el tubérculo púbico, delimitando un amplio ojal con el borde anterior del hueso coxal, por donde pueden producirse hernias de las vísceras abdominales. La parte externa del ojal está atravesada por el músculo iliopsoas envuelto por la potente fascia ilíaca (*fascia iliopsoica*) y recibe el nombre de **laguna muscular**. La parte interna del ojal, denominada **laguna vascular,** da paso hacia la extremidad inferior a la arteria y vena ilíaca externa para continuarse como arteria y vena femoral y también en el plano más interno a numerosos vasos linfáticos. La separación de ambas lagunas se realiza por un tracto fibroso, el **tracto iliopectíneo** (*cintilla ilípectínea*), que es una dependencia de la fascia ilíaca que se extiende desde el ligamento inguinal a la eminencia iliopectínea.

La laguna muscular está totalmente cerrada, ya que la fascia ilíaca se adhiere fuertemente al ligamento inguinal y por dentro forma el tracto iliopectíneo. Acompañando al músculo discurren bajo la fascia ilíaca el nervio femoral.

La laguna vascular queda delimitada lateralmente por el tracto iliopectíneo y medialmente por el ligamento lagunar, y posee tres compartimentos separados por tabiques conectivos, el externo para la arteria femoral y el medio para la vena femoral, mientras que el más interno, denominado **conducto femoral**, es atravesado por algunos vasos linfáticos. La fascia transversal que recubre la superficie interna de la pared abdominal y se une al ligamento inguinal en los compartimentos arterial y venoso se prolonga hacia abajo cubriendo la cara anterior de los vasos femorales para continuarse con la **vaina femoral** que los envuelve. Sin embargo, a nivel del conducto femoral, la fascia transversal se une a la cresta pectínea para formar un débil tabique, el **septo femoral**, atravesado por los vasos linfáticos (véase Fascia transversal). Esta región más interna de la laguna vascular es una zona débil por donde pueden herniarse las vísceras abdominales (**hernias femorales;** *hernias crurales*).

Las hernias femorales son más frecuentes en la mujer y se caracterizan porque el saco herniario se sitúa por debajo del ligamento inguinal y del tubérculo del pubis.

MUSCULATURA POSTERIOR DE LA COLUMNA VERTEBRAL: MÚSCULOS DE LOS CANALES VERTEBRALES

La musculatura del dorso del tronco está organizada en tres planos: profundo, intermedio y superficial. El plano profundo lo constituyen los **músculos de los canales vertebrales**. El plano intermedio está formado por los músculos serratos posteriores, que han sido descritos con el tórax. El plano superficial lo forman músculos toracobraquiales (trapecio, romboides, elevador de la escápula y dorsal ancho) que unen la extremidad superior al tronco y que se estudiarán con el aparato locomotor de la extremidad superior. Además, en el cuello se disponen vientres musculares relacionados específicamente con la motilidad de la cabeza, que se estudian en el capítulo del cuello.

Los músculos de los canales vertebrales se denominan así porque ocupan los canales vertebrales, que constituye el espacio del dorso de las vértebras comprendido entre las apófisis espinosas y las apófisis transversas (incluyendo, en el tórax, la parte posterior de los arcos costales). La fascia toracolumbar reviste por detrás las masas musculares transformando los canales vertebrales en un estuche osteofibroso. Desde el punto de vista funcional, este grupo muscular es responsable del movimiento de extensión de la columna vertebral y, además, en algunos casos, intervienen como ligamentos activos dando estabilidad a la columna vertebral. La descripción de estos músculos reviste gran complejidad por diferentes causas. Por un lado, son músculos multifasciculados, es decir, se componen de vientres musculares que desde su origen a su terminación presentan intercalados diferentes puntos de inserción, lo que hace necesario dividirlos en fascículos. Por otro lado, el desarrollo de alguno de estos músculos presenta notables variaciones entre personas y asociadas a la edad y a las regiones de la columna vertebral donde se sitúan.

Con la excepción de los músculos intertransversarios, son características comunes de los músculos de los canales vertebrales estar inervados por las ramas dorsales de los nervios espinales y tener un origen embrionario común en la porción posterior de los somitas (*epímero*).

Los estudios de anatomía comparada han sido útiles para interpretar la significación de algunos de estos músculos, que presentan notables modificaciones respecto a los cuadrúpedos como consecuencia de la adaptación del ser humano a la posición erecta.

En clínica humana se ha observado que una de las causas de los dolores de espalda es la atrofia unilateral en el segmento lumbar de los componentes profundos de este grupo muscular.

Según su localización topográfica en los canales vertebrales y su significación funcional y evolutiva, describiremos cuatro grupos musculares: sistema **interespinoso**, sistema **intertransversario**, sistema **transversoespinal** y, por último, sistema **erector de la columna**.

Múculos interespinosos

Son pequeñas grapas musculares que se disponen a los lados de los ligamentos interespinosos uniendo entre sí las apófisis espinosas de las vértebras vecinas. Están más desarrollados a nivel cervical y lumbar y prácticamente sustituidos por tejido conectivo a nivel torácico. Su papel funcional es la de ser ligamentos activos de unión entre las vértebras, pero pueden también intervenir en la extensión.

Músculos intertransversarios

Son similares a los anteriores, pero se disponen entre las apófisis transversas. En el segmento cervical, a cada lado, hay uno anterior y otro posterior que unen entre sí los tubérculos anteriores y posteriores, respectivamente, de las apófisis transversas. Como los anteriores, a nivel dorsal están mínimamente desarrollados.

A diferencia de todos los demás músculos de este grupo, que son inervados por las ramas dorsales de los nervios espinales, los músculos intertransversarios cervicales y la parte más lateral de los lumbares se inervan por las ramas ventrales de los nervios espinales.

Son como los anteriores ligamentos activos de unión entre las vértebras y pueden también participar en las inclinaciones laterales.

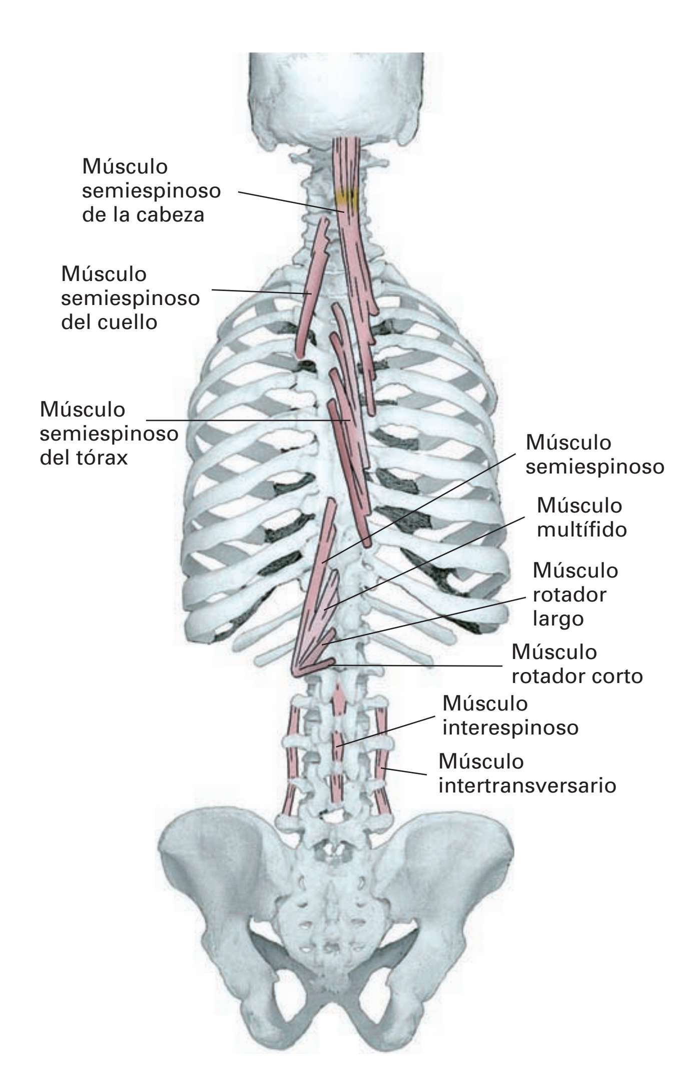


Figura 5-73. Representación esquemática de los músculos del sistema transversoespinal, intertransversarios e interespinosos en una visión posterior del esqueleto del tronco. Con el propósito de simplificar la representación de estos músculos únicamente se han dibujado algunos vientres musculares que muestran la disposición general de este complejo.

SISTEMA TRANSVERSOESPINOSO

(Fig. 5-73)

Es un complejo sistema múscular situado profundamente en los canales vertebrales desde la cabeza hasta el sacro. Se compone de múltiples fascículos que se extienden entre las apófisis transversas de una vértebra y la superficie ósea comprendida entre la lámina y la apófisis espinosa de otra vértebra suprayacente más o menos alejada. La inserción tiene lugar en la lámina cuando el fascículo salta entre vértebras muy próximas y se va desplazando hacia la apófisis espinosa cuando se disponen entre vértebras más alejadas.

Los fascículos que se insertan entre vértebras muy próximas (1.ª ó 2.ª siguiente) ocupan una posición más profunda en el canal vertebral y se les denomina **músculos rotadores** (*laminares*). Estos músculos se dividen en **rotadores cortos**, cuando van de una vértebra a la siguiente, y **rotadores largos**, cuando lo hacen de una vértebra a la segunda siguiente. A los componentes del sistema transversoespinoso que se disponen entre vértebras alejadas, se les denomina **músculos multífidos** (*espinales cortos*) si se separan por tres o cuatro vértebras y **músculos semiespinosos** (*espinales largos*) cuando sus inserciones quedan separadas por más de 4 vértebras.

Los músculos multífidos están más desarrollados en los segmentos lumbar y cervical y poco desarrollados a nivel torácico.

Los músculos rotadores están uniformemente desarrollados a lo largo de la columna vertebral. Los músculos semiespinosos se encuentran desarrollados a nivel del tórax y especialmente en el cuello. En el tórax forman el **músculo semiespinoso del tórax**, constituido por fibras que saltan desde las apófisis transversas de las vértebras torácicas inferiores hasta las apófisis espinosas de las vértebras torácicas superiores. En el cuello se dispone el **músculo semiespinoso del cuello**, que se extiende entre las apófisis transversas de las primeras vértebras torácicas y ultimas cervicales hasta las apófisis espinosas cervicales y el **músculo semiespinoso de la cabeza** (*músculo complexo mayor*), que se extiende desde las apófisis transversas cervicales hasta la escama del occipital (véase apartado de Músculos y fascias del cuello).

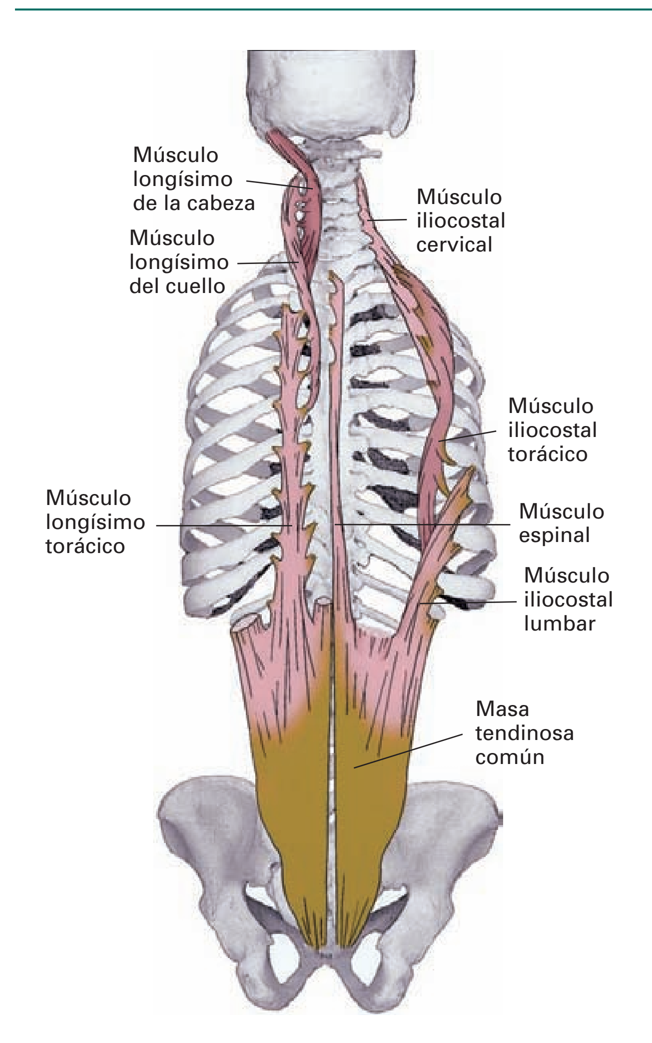


Figura 5-74. Representación esquemática de los componentes del músculo erector de la columna en una visión posterior del tronco.

Por su contracción tónica actúan estabilizando la columna vertebral. Participan también en la extensión al contraerse bilateralmente. Los rotadores y los multífidos intervienen en la rotación al contraerse unilateralmente.

> La atrofia unilateral del componente lumbar de los músculos multífidos es causa frecuente de los dolores crónicos y agudos de espalda.

MÚSCULO ERECTOR DE LA COLUMNA (Fig. 5-74)

Es un potente complejo muscular, constituido por tres músculos fasciculados, el iliocostal, el longísmo y el espinoso, que se disponen en los canales vertebrales superficialmente al sistema transversoespinal. Arrancan todos ellos de un voluminoso tendón común que posee una amplia inserción en la región lumbosacra, que incluye las apófisis espinosas de las vértebras lumbares, la cresta sacra media, la cresta sacra lateral, la espina ilíaca posterosuperior y la zona de la cresta ilíaca próxima a esta espina. Algunas de las fibras de esta masa tendinosa se continúan con las estructuras ligamentosas del dorso de la pelvis, tales como los ligamentos sacroilíaco dorsal y el ligamento sacrotuberoso, y con las fibras de inserción del músculo glúteo mayor. Además, en su superficie se adhiere una potente fascia, de donde se origina el músculo dorsal ancho (**fascia toracolumbar**). Desde el tendón común surgen las fibras musculares que discurren paralelas en sentido ascendente que se van segregando progresivamente en los tres vientres musculares.

Músculo iliocostal

Es el componente más lateral y se extiende desde el tendón común hasta el segmento cervical de la columna. Su trayecto presenta inserciones intermedias que permiten dividir al músculo en un segmento lumbar, un segmento torácico y un segmento cervical. El segmento lumbar (**músculo ilicostal lumbar**) está formado por fibras que surgen de la parte más lateral del tendón común y que van a terminar por seis lengüetas en el borde inferior de las 6 últimas costillas a nivel del ángulo costal. El segmento torácico (**músculo iliocostal torácico**) está formado por fibras musculares que surgen del borde superior de las 6 últimas costillas, en el punto donde termina el segmento lumbar y ascienden para terminar en el borde inferior de las 6 primeras costillas. El segmento cervical (**músculo iliocostal cervical**) surge del borde superior de las 6 primeras costillas y termina en el tubérculo posterior de las apófisis transversas de las 6 (4 ó 6) últimas vértebras cervicales.

Músculo longísimo

Se dispone por dentro del iliocostal y asciende hasta el occipital, distinguiéndose un segmento torácico, un segmento cervical y un segmento cefálico.

El segmento torácico (**músculo longísimo torácico**) está formado por fascículos que surgen del tendón común y terminan a nivel de las 9.ª ó 10.ª últimas vértebras torácicas por dos lengüetas, una interna que se inserta en las apófisis transversas y otra un poco más externa que va a la costilla.

El segmento cervical (**músculo longísimo del cuello**) se origina de las apófisis transversas de las 6 primeras vértebras torácicas y va a terminar en las apófisis transversas de la 2.ª a la 6.ª vértebra cervical.

El segmento cefálico (**músculo longísimo de la cabeza**, o *complexo menor*) se origina en las apófisis transversas y articulares entre C4 y T1 y termina en el vértice y borde posterior de la apófisis mastoides.

Músculo espinal (*músculo epiespinoso*)

Es el componente más medial del erector de la columna, y normalmente está muy poco desarrollado, de forma que sólo suele ser reconocible a nivel torácico (**músculo espinal torácico**). Surge de las fibras de tendón común e incluye también fibras con un origen algo superior en las apófisis espinosas de las dos últimas vértebras torácicas. Desde este origen, asciende para terminar en las apófisis espinosas de las 4 ó 6 primeras vértebras torácicas.

Función

Los componentes del erector de la columna al contraerse bilateralmente son potentes extensores que actúan en el segmento de la columna vertebral donde están situados. Si se contraen unilateralmente colaboran en las inclinaciones y en las rotaciones, pero esta acción parece ser sinergista ya que está destinada en gran medida a evitar que durante dichos movimientos se flexione la columna vertebral. Debe tenerse en cuenta además, que estos músculos, como el resto los músculos de los canales vertebrales, se contraen durante todos los movimientos de la columna vertebral para compensar los cambios en la fuerza de la gravedad causados por el movimiento. Los componentes del erector de la columna sólo se relajan en posición de intensa flexión. En esta postura, la sujeción de la columna vertebral es descargada sobre los ligamentos.

FASCIA TORACOLUMBAR (Fig. 5-75)

Es una potente fascia que reviste, en el tórax y en la región lumbar, los músculos de los canales vertebrales. Está especialmente desarrollada a nivel lumbar, donde constituye un importante refuerzo de la parte posterior de la pared del abdomen. En esta región, además, reviste el músculo cuadrado lumbar y presta inserción a los músculos anchos del abdomen y al dorsal ancho. Consta de tres hojas, la posterior, la media y la anterior.

La *hoja posterior* cubre superficialmente el erector de la columna. Por debajo se une al sacro y a la cresta ilíaca, y asciende sobre el músculo erector de la columna uniéndose medialmente a las apófisis espinosas toracolumbares y lateralmente al ángulo posterior de las costillas. En la parte inferior del tronco presta inserción a algunas fibras del músculo dorsal ancho.

La *hoja media* está dispuesta, a nivel lumbar, intercalada entre la cara anterior del músculo erector de la columna y la cara posterior del músculo cuadrado lumbar. Se inserta, por arriba en la última costilla, por debajo en la cresta ilíaca, por dentro en el vértice de las apófisis transversas y por fuera se une a la hoja posterior en el margen externo del músculo erector de la columna.

La *hoja anterior*, más delgada que las otras, reviste la cara anterior del músculo cuadrado lumbar. En el borde medial del músculo se une a las apófisis transversas lumbares y en el borde lateral se une a la hoja media. En la zona de unión de las hojas anterior y media confluyen las fibras posteriores de los músculos transverso y oblicuo interno del abdomen que, a través de ellas, se anclan en la columna vertebral.

DINÁMICA DEL TRONCO Y DEL CUELLO

En los apartados anteriores, se ha hecho un estudio descriptivo de los elementos constituyentes del aparato loco-

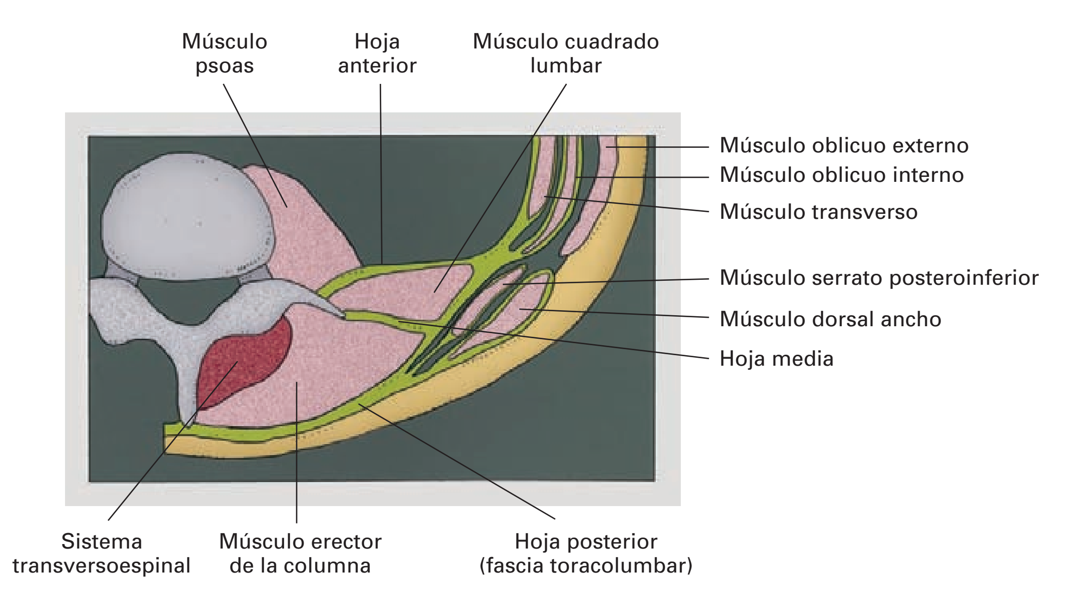


Figura 5-75. Sección transversal a nivel del segmento lumbar de la columna vertebral para ilustrar la organización de la fascia toracolumbar.

motor del tronco y del cuello. En ellos se ha visto que la columna vertebral soporta la cabeza y forma el eje esquelético del tronco y cuello. Desde el punto de vista funcional, la columna vertebral es un complejo articular en el que el movimiento es la suma de los pequeños desplazamientos posibles entre cada dos vértebras (véase Fig. 5-19). Además, asociados a la columna vertebral se disponen otros elementos óseos, como el anclaje de las extremidades en el tronco, y, de forma particularmente importante, en el tórax, los arcos costales y el esternón. La dinámica de estos últimos es esencial para la respiración.

En este apartado se analizará detalladamente la dinámica de los segmentos móviles de la columna vertebral y la mecánica respiratoria del tórax. Incluiremos dentro del segmento cervical de la columna vertebral la unión de la cabeza con el columna vertebral, ya que funcionalmente también forma un complejo articular.

DINÁMICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Aspectos generales (Fig. 5-19)

En conjunto, a lo largo de toda la columna, se establece un complejo articular que posee tres grados de libertad de movimiento: flexo-extensiones, inclinaciones laterales y rotaciones.

Flexión y extensión

En estos movimientos la columna es desplazada en sentido ventral y dorsal con respecto al plano frontal.

Durante la flexión, el disco intervertebral es aplastado en su zona anterior y el núcleo pulposo se desplaza hacia atrás, incrementando la tensión en la parte posterior del anillo fibroso. Por su parte, las apófisis articulares inferiores de la vértebra superior se deslizan sobre las carillas articulares de la vértebra subyacente.

El límite del movimiento se debe a la tensión de los ligamentos posteriores, incluyendo las fibras posteriores del anillo fibroso, el ligamento longitudinal posterior, los ligamentos amarillos, los ligamentos interespinosos y supraespinosas. Además, los músculos extensores desempeñan la función de frenos de la flexión cuando se transportan cargas que tienden a flexionar la columna.

Durante la extensión, las carillas de las apófisis articulares se deslizan en sentido opuesto a la flexión, el disco se comprime en la parte posterior y el núcleo pulposo se desplaza ventralmente tensando la parte anterior del anillo fibroso. El movimiento se frena por la tensión del ligamento longitudinal anterior, por la tensión de la parte anterior del anillo fibroso del disco intervertebral, y por el contacto entre apófisis espinosas vecinas.

Inclinaciones laterales (flexión lateral)

En este movimiento la columna se desplaza lateralmente con respecto al plano sagital. Se acompaña necesariamente de un ligero componente de rotación a causa de la morfología de las superficies articulares.

Durante el movimiento, el disco intervertebral se aplasta hacia el lado es que se inclina la columna, contribuyendo a tensar el anillo fibroso en el lado opuesto. Las apófisis articulares de un lado se elevan y las del opuesto, descienden. Este proceso se frena por la tensión de los ligamentos del lado opuesto (intertransversarios, amarillos) y por los músculos inclinadores opuestos.

Rotación

En este movimiento las vértebras se desplazan según un eje longitudinal girando respecto a sus vecinas. Durante el movimiento, se tensan las láminas del anillo fibroso, cuyas fibras están orientadas en sentido opuesto al movimiento. La tensión es mayor en la parte central del anillo fibroso, donde las fibras son más oblicuas, y causan un incremento de la presión en el núcleo pulposo.

Dada la variabilidad de la amplitud de movimientos que hay entre las diferentes personas (asociadas a la edad, la población y el entrenamiento físico), los valores de desplazamiento que se indican en este capítulo solamente tienen un sentido orientativo. Considerada en su totalidad, la columna es muy móvil. El movimiento más amplio es la flexo-extensión, que puede alcanzar más de 200°. Las inclinaciones laterales alcanzan unos 70-80° desde la vertical y las rotaciones llegan a cifras próximas a los 90°, aunque de éstos, la mayor parte tiene lugar a nivel cervical.

DIVISIÓN FUNCIONAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Desde el punto de vista del objetivo funcional de los movimientos, la columna vertebral puede dividirse en un **segmento superior**, cervical, al servicio de la **movilidad de la cabeza**, y un **segmento inferior**, lumbar, que **mueve el tronco**. El segmento torácico es una zona de tránsito entre los dos anteriores que, como se ha descrito (véase Estudio en conjunto de la columna vertebral), presenta una movilidad reducida. Las primeras y las últimas vértebras torácicas son las más móviles, mientras que la zona intermedia (de T5 a T9) es prácticamente inmóvil. Las primeras, principalmente, contribuyen con las cervicales para mover la cabeza. Las últimas participan junto a las lumbares en la dinámica del tronco.

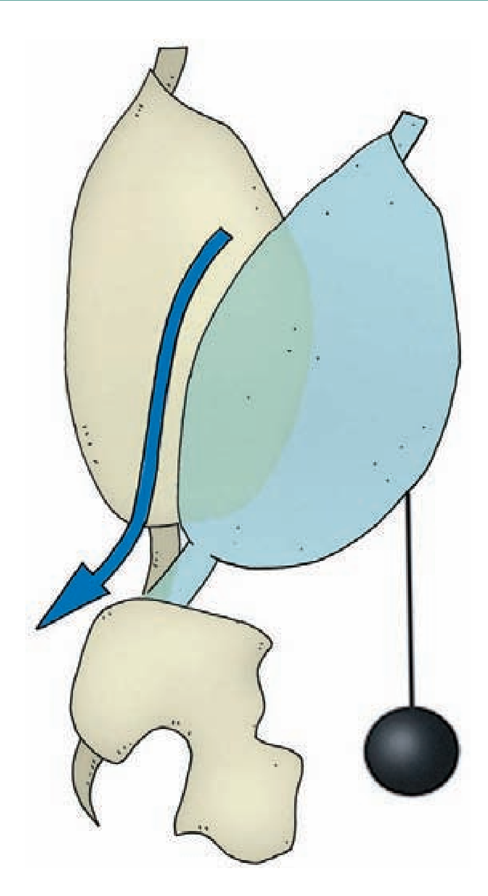


Figura 5-76. Flexión del tronco en posición erecta. El movimiento es coordinado por la acción de la gravedad y la contracción excéntrica de los músculos de los conductos vertebrales (flecha azul).

DINÁMICA DEL TRONCO

Un aspecto importante, respecto a la dinámica del tronco, es que los movimientos realizados entre las vértebras aumentan a nivel de la articulación coxofemoral. La contribución de estas articulaciones es mayor en la flexión y en las rotaciones, pero la exploración funcional de la columna vertebral debe realizarse siempre con la cadera inmovilizada.

Flexión

El movimiento de flexión es amplio (100-105°) y tiene lugar principalmente en las vértebras lumbares inferiores (60°). En bipedestación, la flexión se produce por la acción de la **gravedad** regulada por la **contracción excéntrica de los músculos extensores** (Fig. 5-76). En decúbito supino, o cuando el movimiento se hace de forma rápida, o contra resistencia, la fuerza más importante es el músculo **recto abdominal**, con el que colaboran los **músculos oblicuos del abdomen** contrayéndose bilateralmente (Fig. 5-77). Los músculos psoas son flexores importantes cuando se fija la pelvis mediante la acción sinérgica de los extensores de la articulación coxofemoral.

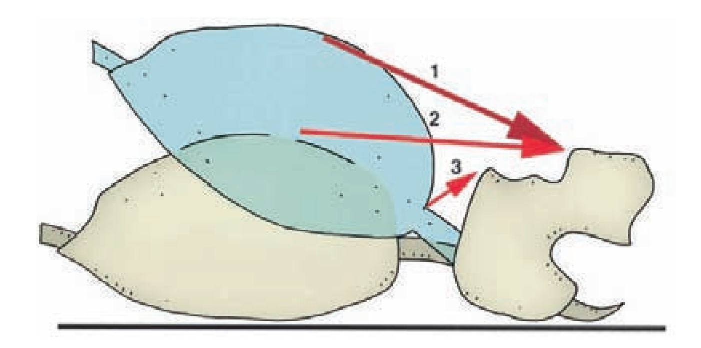


Figura 5-77. Flexión del tronco a partir de la posición de decúbito supino. El movimiento es realizado por la contracción bilateral del músculo recto del abdomen (1), ayudado por los músculos oblicuos externo (2) e interno (3).

La exploración de la actividad del recto abdominal se realiza mandando hacer flexiones en posición de decúbito. Cuando uno de los rectos predomina sobre el otro, se producen desviaciones del ombligo hacia el lado más activo.

Extensión

Como la flexión, este movimiento se produce de forma predominante en el segmento lumbar. También, como en la flexión, desde la posición erecta, la fuerza más importante es la **gravedad**, combinada con la **contracción excéntrica de los flexores**. Cuando se realiza desde la posición de decúbito prono (Fig. 5-78), o contra resistencia, las fuerzas motoras más importantes son los componentes lumbares del **músculo erector de la columna** (músculo iliocostal lumbar y músculo longísimo torácico), que se

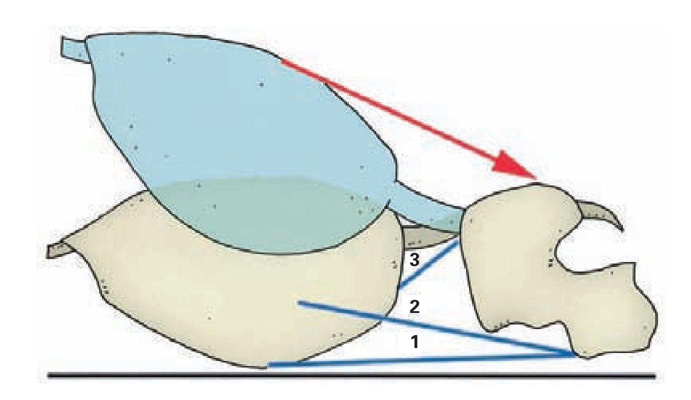


Figura 5-78. Extensión del tronco a partir de la posición de decúbito prono. El movimiento es coordinado por la acción agonista del músculo erector de la columna (flecha roja), y la contracción excéntrica de los músculos recto del abdomen (1), oblicuo externo (2) y oblicuo interno (3).

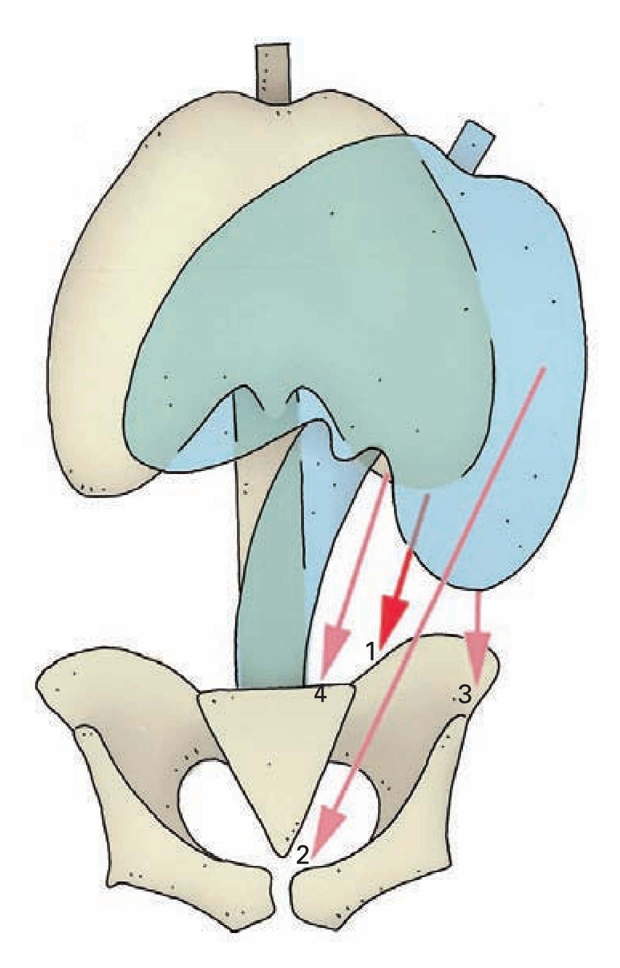


Figura 5-79. Inclinación lateral del tronco. El movimiento es realizado por el músculo cuadrado lumbar (1), con la colaboración de los músculos oblicuo externo (2), oblicuo interno (3), y erector de la columna (4), todos ellos del lado de la inclinación.

contraen de forma bilateral. Contribuyen en menor medida al movimiento los componentes multífido y rotadores del segmento toracolumbar del sistema transversoespinal y los músculos interespinosos.

Las extensiones que se realizan desde una posición de flexión para levantar una carga pesada revisten un interés especial. En este movimiento, debido a la contracción de los músculos extensores, la carga transmitida a los discos intervertebrales puede llegar a ser enorme, y como mecanismo de protección, la persona realiza una intensa inspiración que acompaña del cierre de la glotis y de una brusca contracción de los músculos de la pared abdominal, todo ello con el fin de incrementar la presión abdominal y conseguir durante unos instantes que el abdomen se comporte como una estructura sólida que colabore con la columna vertebral en la transmisión de la carga hacia la pelvis. Con esta maniobra se consigue aliviar hasta en un 30 % la carga que podría recaer sobre los discos intervertebrales.

Inclinaciones laterales

La inclinaciones laterales tienen lugar tanto en la columna lumbar como en los segmentos torácicos inferiores. Todos los músculos que participan se contraen unilateralmente en el lado que se inclina, y su participación activa es necesaria para iniciar el movimiento (Fig. 5-79). Una vez iniciado el movimiento, puede intervenir la gravedad junto con los inclinadores opuestos El motor principal es el **cuadrado lumbar**, y a él se suman los **músculos oblicuos del abdomen**, así como el **iliocostal** y el **longísimo** del erector de la columna, y, de manera menos imporante, los intertransversarios y los rotadores y multífidos del **sistema transversoespinal**.

La amplitud de este movimiento es una de las que más cambia con la edad. En los niños y jóvenes menores de 13 años, llega a ser el doble (60°) de la de los adultos (30°).

Rotación

Este movimiento en posición erecta se realiza principalmente en las vértebras torácicas, ya que la contribución lumbar no excede de los 5° (de un total de unos 40°). La contribución lumbar al movimiento aumenta cuando la rotación se realiza en posición de flexión. La fuerza motora más importante es una sinergia que se establece entre el **músculo oblicuo externo** del lado opuesto a la rotación, junto al **oblicuo interno** del lado de la rotación (Fig. 5-80). Además contribuyen significativamente los tres componentes (rotadores multífido y espinal) del **sistema transversoespinal toracolumbar**.

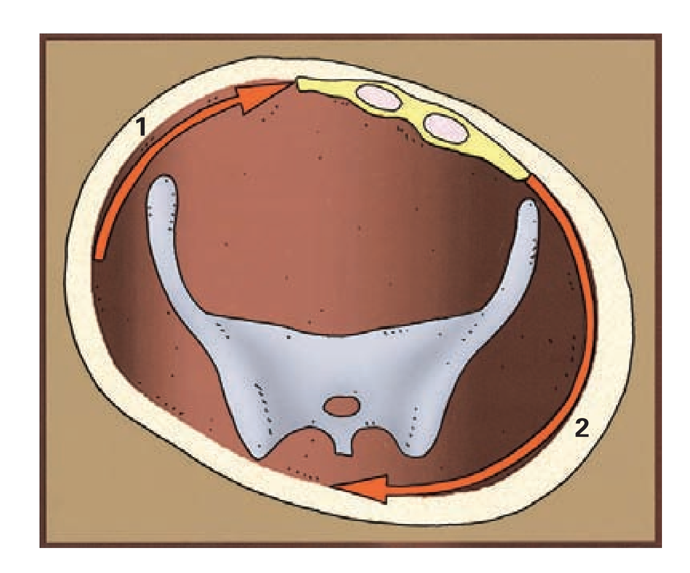


Figura 5-80. Superposición de la pared abdominal sobre la pared pélvica para mostrar la cadena cinemática de rotación del tronco, formada por los músculos oblicuo interno (2) y externo (1) a través de la vaina del recto.

DINÁMICA DEL CUELLO Y DE LA CABEZA

Considerado globalmente, el segmento cervical de la columna comprende dos regiones, una superior suboccipital, que corresponde a la unión craneovertebral (articulaciones entre atlas y axis y articulación occípito-atloidea), y una inferior, que incluye el resto de vértebras cervicales. Sin embargo, desde el punto de vista funcional, el movimiento se traduce en ambos casos en desplazamientos de la cabeza, y las fuerzas motoras, salvo los pequeños músculos suboccipitales que son específicos de la unión craneovertebral, son comunes para los dos segmentos. En conjunto, el segmento cervical es el más móvil de la columna. Los movimientos del segmento cervical inferior siguen el patrón general descrito al comienzo del capítulo en lo que refiere a desplazamientos del disco y de las apófisis articulares, y a los frenos ligamentosos de cada movimiento.

En el segmento craneovertebral, las articulaciones entre atlas y occipital contribuyen principalmente a las flexoextensiones y a las inclinaciones laterales. Las articulaciones entre el atlas y el axis (atloaxoideas laterales y atloaxoidea media) actúan principalmente en los giros. Sin embargo, dado que el ligamento transverso posee cierta elasticidad, también participa, aunque en muy pequeña medida, en las flexoextensiones y en las inclinaciones laterales.

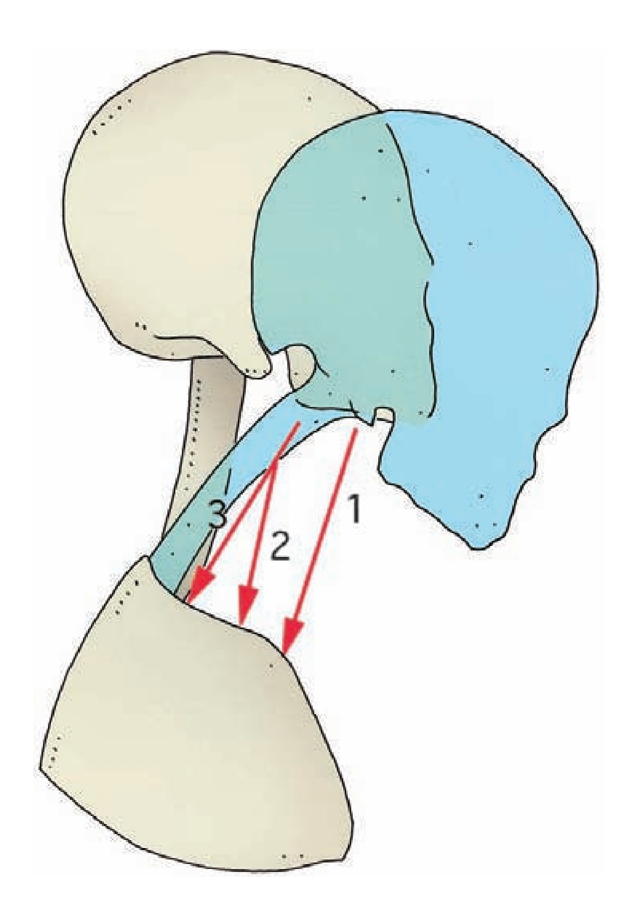


Figura 5-81. Flexión del cuello y de la cabeza. El movimiento activo es realizado por la acción bilateral de los músculos esternocleidomastoideo (1), escalenos (2) y prevertebrales (3).

Flexión (Fig. 5-81)

El componente cervical inferior es relativamente pequeño (25°) y se complementa por la aportación de la articulación occípito-atloidea (20°) y una mínima contribución de la unión atloaxoidea (el movimiento es posible por la elasticidad del ligamento transverso).

El movimiento se ejecuta en la mayoría de las ocasiones de forma pasiva, por la acción de la **gravedad** compensada por la **contracción excéntrica de los extensores**. Cuando se realiza de forma activa desde la posición intermedia de reposo, los músculos flexores, siempre al contraerse de forma bilateral, son:

— **Esternocleidomastoideo**.
— Los músculos prevertebrales: **largo del cuello** y **largo de la cabeza**.
— Los **escalenos**.
— El músculo **recto anterior de la cabeza** perteneciente a los suboccipitales que actúa solamente en la articulación cráneo-vertebral.

Un aspecto de interés es que el centro de gravedad de la cabeza se sitúa en un plano anterior a la unión craneovertebral, de modo que en la postura erecta normal, la posición de la cabeza mirando al frente requiere la contracción tónica de los extensores.

> Una lesión muy grave, relativamente frecuente en los accidentes de tráfico, es la *luxación* de las vértebras cervicales. Estas luxaciones se producen como consecuencia de un brusco movimiento de extensión-flexión que acompaña a las colisiones frontales de vehículos. Debido a que la flexión carece de un freno óseo, la vértebra afectada se desplaza hacia delante hasta quedar apoyada por sus apófisis articulares inferiores sobre el reborde posterior del cuerpo de la vértebra inferior.

Extensión (Fig. 5-82)

El componente cervical inferior es amplio (85°). El componente craneovertebral tiene lugar en la articulación occipitoatloidea (20°) y, al igual que en flexión, se acompaña de una mínima aportación de las articulaciones atloaxoideas.

La fuerza de la **gravedad** limitada por la **contracción excéntrica de los flexores**, es el modo más habitual de realizar los movimientos. Cuando el movimiento se ejecuta de forma activa, pueden participar un gran número de músculos (todos ellos al contraerse bilateralmente):

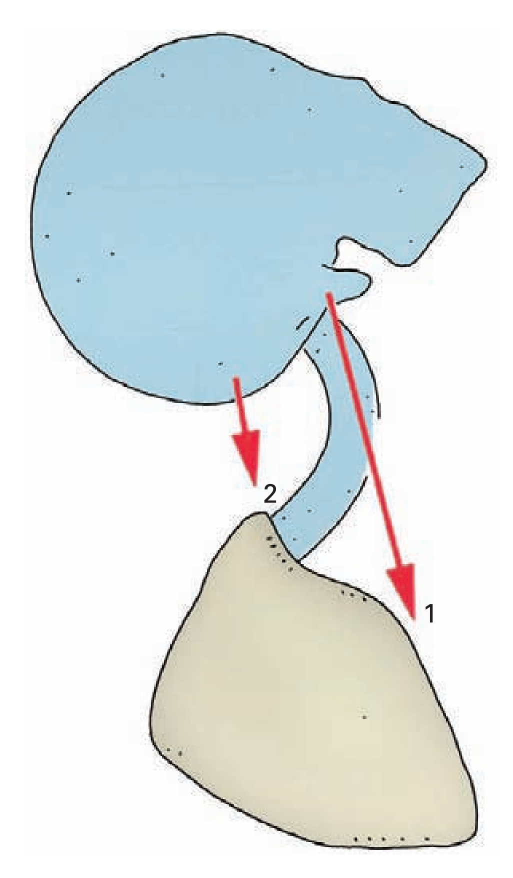


Figura 5-82. Extensión del cuello y de la cabeza. El movimiento activo se realiza por la acción bilateral de los músculos esternocleidomastoideo (1) y de la región posterior del cuello (2).

- — Los componentes cervicales y cefálicos del **erector de la columna**.
- — Los componentes cervicales y cefálicos del **sistema transversoespinal**.
- — Los **interespinosos**.
- — El **esternocleidomastoideo**, que actúa como extensor al partir de una posición inicial de extensión.
- — El músculo **elevador de la escápula** y el **trapecio**.
- — Los músculos **esplenios**.
- — Los **músculos suboccipitales** (sin embargo, el papel principal de estos músculos es estabilizar la articulación).

Inclinaciones laterales (Fig. 5-83)

El componente cervical inferior es de unos 40° y se acompaña necesariamente, como en otros segmentos vertebrales, de rotación causada por la morfología de las superficies articulares, y además de una ligera extensión. El componente correspondiente a la unión craneovertebral es de tan sólo unos 8° de los cuales 5° corresponden a la

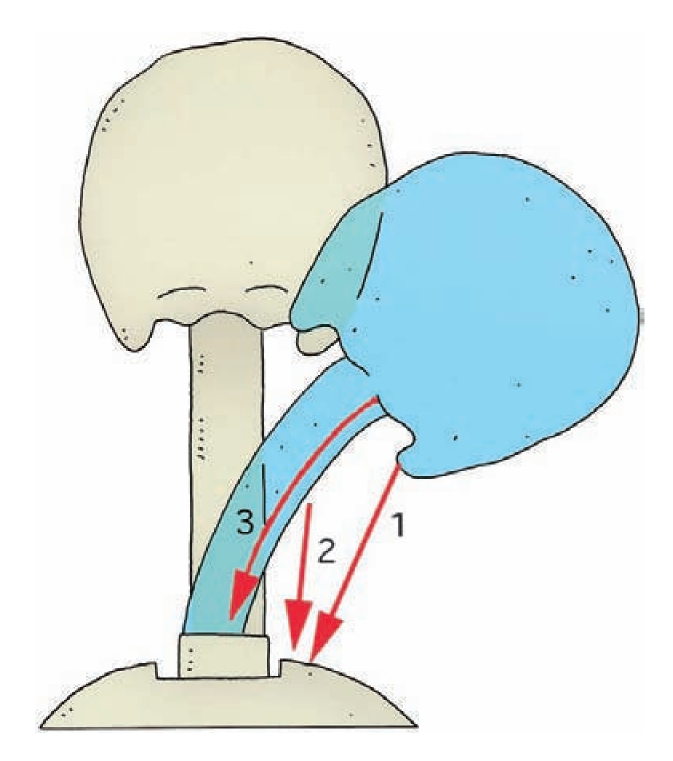


Figura 5-83. Inclinación lateral de la cabeza y el cuello. El movimiento se realiza por la contracción unilateral de los músculos esternocleidomastoideo (1) y escalenos (2) y de un amplio grupo nucal (3) formado por el longísimo del cuello, el longísimo de la cabeza, los esplenios y los intertransversarios, todos ellos del lado de la inclinación.

articulación occipitoatloidea, y 3° en la articulación entre axis y tercera cervical.

A diferencia de la flexión y de la extensión, el movimiento no se inicia por la fuerza de la gravedad, sino que se requiere la contracción activa de los inclinadores. Una vez iniciado el movimiento, éste puede continuar con la sola participación de la contracción excéntrica de los inclinadores del lado opuesto. Como fuerzas activas del movimiento, actúan cuando se contraen unilateralmente los siguientes músculos:

- — Los componentes del erector de la columna: **longísimo del cuello y de la cabeza**, y el **iliocostal cervical**.
- — El **esternocleidomastoideo**.
- — Los **escalenos**.
- — Los i**ntertransversarios**.
- — Los **esplenios**.
- — El **recto lateral de la cabeza**, (perteneciente a los músculos suboccipitales).

Rotaciones (Fig. 5-84)

El componente cervical inferior es de unos 50° a cada lado y se acompañan de una ligera flexión. El componente co-

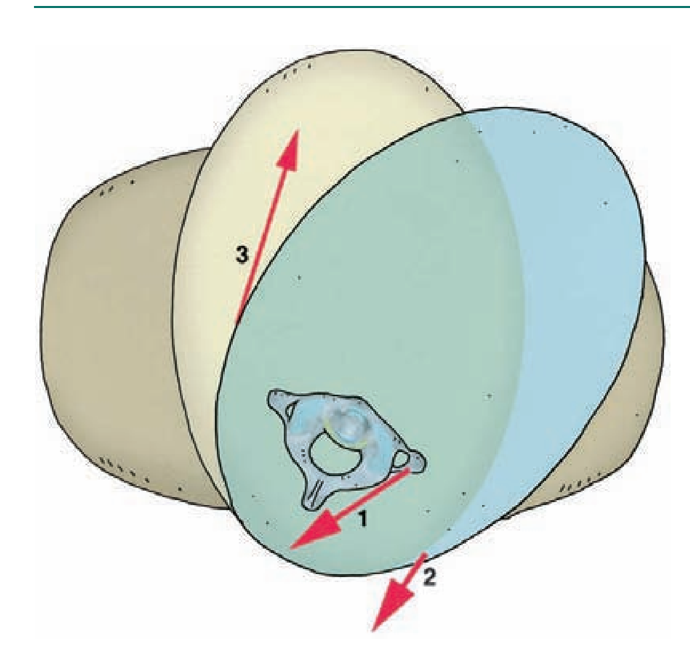


Figura 5-84. Rotación de la cabeza y el cuello. Parte del giro se realiza en la columna cervical, y parte en la articulación craneovertebral. Las fuerzas motoras implicadas son los músculos transversoespinales del cuello, esplenios y suboccipitales (1), trapecio (2) y esternocleidomastoideo (3) todos ellos son del lado del giro, con excepción del esternocleidomastoideo.

rrespondiente a la unión craneovertebral es de algo más de 15° y tiene lugar principalmente a nivel de las articulaciónes atloaxoidea media (atlo-odontoidea), y, en mucha menor medida, la unión occipitoatloidea.

Un aspecto que se debe resaltar es que el movimiento en la articulación atloadontoidea se ve favorecido por un ligero relajamiento de los ligamentos alares, debido a que, como consecuencia de la convexidad de los cóndilos occipitales, el pequeño desplazamiento que se produce en la articulación occipitoatloidea causa un mínimo descenso de la cabeza (1 mm).

> El desplazamiento de las vértebras cervicales durante la rotación causa un ligero incremento en el diámetro de agujero intervertebral del lado hacia el que se rota, que se utiliza en rehabilitación para aliviar las molestias que acompañan a los síndromes en los que está comprimida una raíz cervical. La maniobra consiste en realizar una tracción que incluya la flexión y la rotación de la zona afectada.

Las fuerzas motoras de este movimiento coinciden en gran medida con los inclinadores, y actúan también al contraerse unilateralmente. Se incluyen en este grupo los siguientes músculos:

— Del sistema transversoespinal, los **rotadores** y los **multífidos**.
— Los **esplenios** del cuello y de la cabeza.
— El **esternocleidomastoideo** del lado opuesto a la dirección del movimiento actúa también en la fase final de la rotación.
— El **trapecio**.
— De la **musculatura suboccipital**, intervienen todos los situados en el plano posterior: recto posterior menor, recto posterior mayor, oblicuo superior de la cabeza y oblicuo inferior de la cabeza.

MOVILIDAD DEL TÓRAX: MECÁNICA RESPIRATORIA

Los movimientos de la caja torácica están al servicio de la respiración y su objetivo funcional es aumentar el volu-

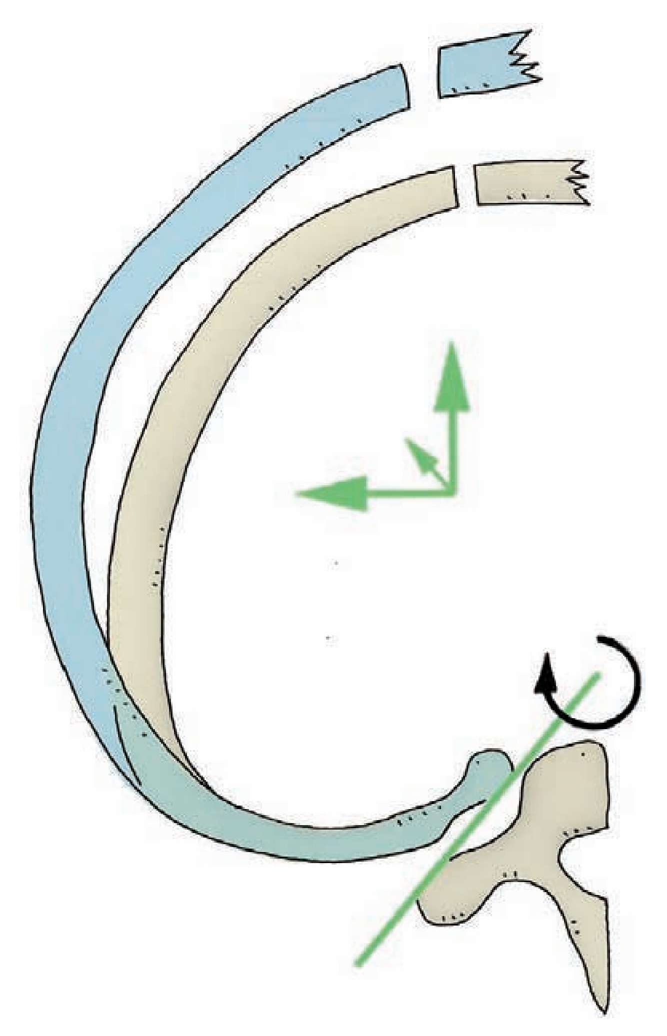


Figura 5-85. Esquema para representar el movimiento de los arcos costales. El eje de giro corresponde al cuello de la costilla (línea verde) y, debido a las curvaturas de las costillas, el desplazamiento del extremo anterior del arco costal tiene lugar hacia delante, hacia arriba y hacia fuera (flechas verdes).

men del tórax durante la inspiración, y disminuirlo en la espiración. Los cambios de volumen son transmitidos al pulmón a través de las pleuras, Este fenómeno es posible debido a la gran elasticidad pulmonar.

El aumento y la disminución de los diámetros del tórax se consigue por los movimientos de los arcos costales en su unión a las vértebras, y por los desplazamientos del músculo diafragma, que forma el suelo de la cavidad torácica.

Dinámica de los arcos costales (Fig. 5-85)

En cada arco costal, el punto móvil se sitúa a nivel de las articulaciones de la costillas con las vértebras. En este extremo de la costilla, las articulaciones vertebrocostal y transversocostal se comportan como un complejo articular que funcionalmente permite movimientos de giro, que en términos generales, se realiza siguiendo el eje marcado por el cuello de la costilla. El ligamento del cuello de la costilla impide otros posible movimientos en las articulaciones y bloquea pronto el giro al arrollarse sobre el cuello costal. Sin embargo, aunque el giro sea pequeño, debido a la longitud de las costillas, los desplazamientos en su parte anterior son mucho más amplios.

Los giros realizados en cada par de arcos costales se transmiten al extremo anterior del arco y desplazan al esternón, con lo que se modifican los diámetros del tórax. Debido a la diferente orientación de cada arco costal (incluida la disposición de la interlinea articular de la articulación transverso costal) y a la presencia o no de cartílago costal de unión al esternón, los movimientos varían a lo largo del tórax de la siguiente manera:

1.ª costilla. La primera costilla es muy horizontal, posee el cuello orientado transversalmente y está muy unida al esternón por su cartílago costal. Por estas razones, las costillas de ambos lados forman una unidad funcional, a modo de herradura, que al girar en su extremo posterior, produce elevaciones y descensos del esternón. Al elevarse el esternón, se aumenta el diámetro anteroposterior del tórax, y lo contrario ocurre en el descenso.

2.ª a 7.ª costillas. En estas costillas, el eje del cuello, y por lo tanto el eje del movimiento, tiene una orientación oblicua; además, cada arco está fuertemente incurvado en todos sus ejes. Como consecuencia de esta disposición, si se considera que las costillas de ambos lados forman una unidad funcional, al moverse no solo elevan y descienden el esternón para modificar el diámetro anteroposterior del tórax, sino que ellas mismas se desplazan de forma similar a las asas de un caldero, incrementado cuando se eleva el diámetro transversal del tórax.

8.ª a 10.ª costilla. En estas costillas no sólo se dan las características descritas en el apartado anterior, sino que la interlínea articular de la unión entre apófisis transversa y tubérculo costal se dispone en un plano horizontal. Esta disposición determina que, cuando las costillas son traccionadas, los giros se acompañan de un pequeño movimiento adicional de deslizamiento hacia atrás de su extremo posterior que, debido a la incurvación de los arcos y a la elasticidad de los cartílagos costales, causa una separación lateral de sus extremos anteriores, incrementándose adicionalmente el diámetro transverso del tórax.

11.ª y 12.ª costillas. Aunque estas costillas son muy móviles, al no estar unidas al esternón, sus desplazamientos no se traducen en modificaciones de los diámetros del tórax, por lo que no contribuyen a la respiración.

Como resumen de todo lo descrito anteriormente, podemos concluir, que con respecto a las diez primeras costillas, al moverse incrementan el diámetro anteroposterior del tórax y además, cuanto más bajas, más aumentan el diámetro transversal.

Un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta es que en los niños, hasta el primero o segundo año de vida, las costillas se disponen horizontalmente, en una posición que coincide con la de máxima inspiración. Por este motivo, el componente costal de la respiración en los niños es despreciable y el único músculo que funciona como respirador es el diafragma.

Dinámica del diafragma (Figs. 5-86 a 5-88)

El músculo diafragma, al elevarse y descender, desempeña un papel esencial en el incremento y disminución del diámetro vertical del tórax. Sin embargo, su actividad es mucho más compleja. Al contraerse por contracción concéntrica, toma inicialmente como punto de sujeción las

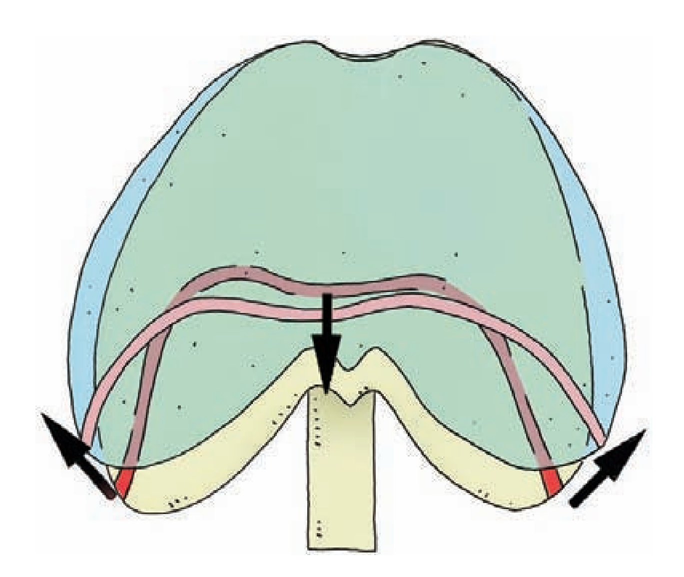


Figura 5-86. Visión anterior del tórax que representa los movimientos del diafragma durante la inspiración. Las flechas indican el descenso inicial del diafragma seguido de la elevación de sus inserciones costales.

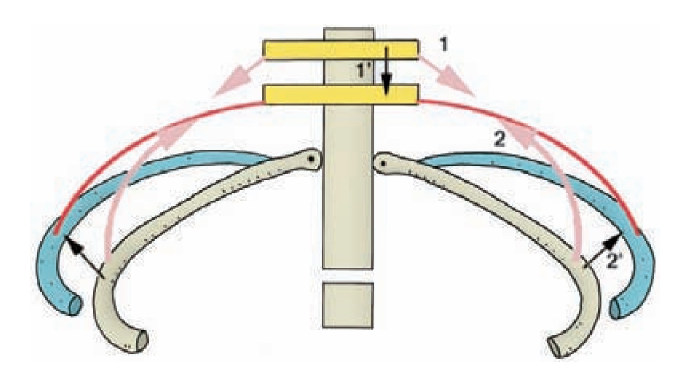


Figura 5-87. Representación esquemática de los movimientos inspiratorios del diafragma. En la fase inicial del movimiento, el diafragma, tomando como punto fijo las inserciones costales, (flecha 1) tira del centro tendíneo y desciende (flecha 1′). En la segunda fase del movimiento, tomando como punto fijo el centro tendíneo, tira de las costillas (flecha 2), desplazándolas hacia fuera y hacia arriba (flecha 2′).

costillas y hace descender el centro tendíneo, causando un incremento del diámetro craneocaudal del tórax. Cuando el centro tendíneo no puede descender más, por impedirlo las vísceras abdominales, toma como punto de apoyo el centro tendinoso y causa una elevación de las costillas, lo que se traduce en un incremento de los diámetros transverso y anteroposterior del tórax.

Interviene también en la espiraciones forzadas al ser desplazado hacia el tórax como si fuese un émbolo por efecto de la contracción de los músculos de la pared abdominal.

Fuerzas motoras de la inspiración

Durante la respiración tranquila, la inspiración tiene lugar principalmente por la acción del **diafragma**, con el que colaboran los **músculos intercostales** y el **serrato posterior superior**. La forma de actuación del músculo diafragma se ha descrito antes. La acción del serrato posterior superior es poco importante y consiste en elevar las costillas en las que se inserta. La participación de los músculos intercostales es compleja. Los intercostales externos parecen contribuir a elevar la costilla donde se inserta su borde inferior. Los intercostales interno e íntimo intervienen proporcionando tono al espacio intercostal para evitar que éste se desplace hacia el interior del tórax durante la inspiración. De hecho, este fenómeno ocurre en casos de parálisis de los músculos intercostales.

Si las necesidades motoras aumentan mucho (por ejemplo, en situación de intensa fatiga, o a causa de un broncoespasmo, como ocurre en el asma), se reclutan un número de músculos adicionales que recibe el nombre *músculos respiratorios accesorios*, como: **escalenos**, **serrato anterior**, **esternocleidomastoideo**, **subclavio** y los **pectorales mayor** y **menor** (Fig. 5-88). La participación de estos últimos requiere que su inserción en los huesos de la extremidad se mantenga inmovilizada para que actúe de punto fijo de inserción.

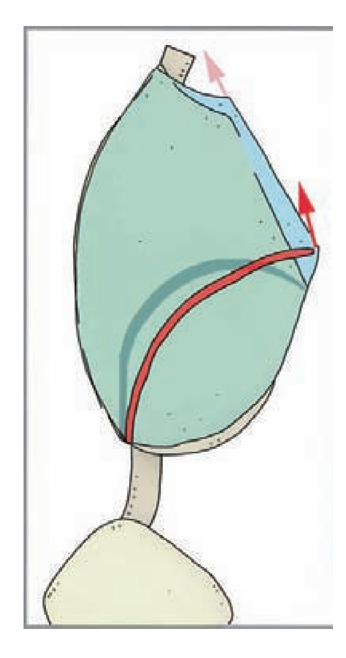


Figura 5-88. Visión lateral del tórax en la que se representan el incremento del diámetro anteroposterior del tórax por la acción de los músculos inspiradores. La flecha roja reprenta la acción del diafragma. La flecha rosa representa la acción de los músculos elevadores de las primeras costillas. Nótese el incremento del diámetro vertical del tórax durante la contracción del diafragma.

Fuerzas motoras de la espiración

La espiración en reposo es fundamentalmente un proceso pasivo, debido por un lado a la eslasticidad de los arcos costales y, por otro, a la relajación del **diafragma**, que es desplazado hacia arriba por la presión abdominal.

En la espiración forzada intervienen la musculatura abdominal (**oblicuo externo**, **oblicuo interno** y **transverso del abdomen**), los **músculos intercostales**, el **músculo transverso torácico**, y el **serrato posterior inferior**. El papel de los músculos abdominales consiste en incrementar la presión abdominal para potenciar el desplazamiento del diafragma. Los músculos intercostales aportan el tono necesario al espacio intercostal y también pueden aproximar entre sí a las costillas. El transverso torácico y el serrato posterior inferior hacen descender a las costillas.

CAPÍTULO 6

Aparato locomotor de la extremidad superior

ORGANIZACIÓN GENERAL	MÚSCULOS Y FASCIAS
HUESOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR	ARTICULACIONES Y DINÁMICA FUNCIONAL

ORGANIZACIÓN GENERAL

Al adquirir los homínidos la marcha bípeda en el curso de la evolución, la extremidad superior se vio liberada de la función de sustentación presente en los cuadrúpedos y se especializó en la producción de movimientos amplios y precisos. Como consecuencia de estos hechos, la extremidad superior, a diferencia de la inferior, posee huesos más ligeros y articulaciones menos estables y más móviles.

Desde el punto de vista de su función, la extremidad se organiza en segmentos articulados que comprenden una plataforma de unión al tronco, la cintura escapular, formada por la clavícula y la escápula con sus correspondientes articulaciones; un segmento móvil, el brazo, formado por el húmero y su articulación a nivel del hombro; un segundo segmento móvil, el antebrazo, formado por dos piezas óseas, el cúbito (ulna) y el radio, articuladas entre sí y unidas al brazo por la articulación del codo; y finalmente una compleja pinza formada por la mano, que se une en la articulación de la muñeca al antebrazo y que incluye los huesos y articulaciones del carpo, metacarpo y falanges, que forman el soporte esquelético de los dedos.

El incremento de movilidad y la precisión de los movimientos de la extremidad superior motivan que en muchas ocasiones se utilice como un verdadero órgano de los sentidos, que permite explorar el medio por palpación y orientar en condiciones de oscuridad. Cabe resaltar en este sentido la lectura de los ciegos, que utilizan los dedos como órganos con una extraordinaria sensibilidad táctil. Por otro lado, la expresividad artística del ser humano en actividades como la música o la pintura se fundamente en la riqueza y finura de los movimientos de la extremidad.

HUESOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

CLAVÍCULA[1] (Figs. 6-1 y 6-2)

Es un hueso de forma alargada situado en el extremo anterosuperior del tórax que se extiende entre la extremidad superior del esternón y la escápula, con los cuales establece las articulaciones esternoclavicular y acromioclavicular. Su disposición es principalmente subcutánea y forma un relieve visible, palpable en su totalidad bajo la piel. A pesar de su forma alargada, en la que se pueden distinguir un cuerpo central y dos extremidades, desde el punto de vista estructural, la clavícula es un hueso plano que carece de cavidad medular, formado por una zona central de tejido óseo esponjoso rodeada de una gruesa capa cortical de hueso compacto.

[1] Clavícula del latín *clavis* = llave (las llaves romanas tenían forma de S tendida como la clavícula).

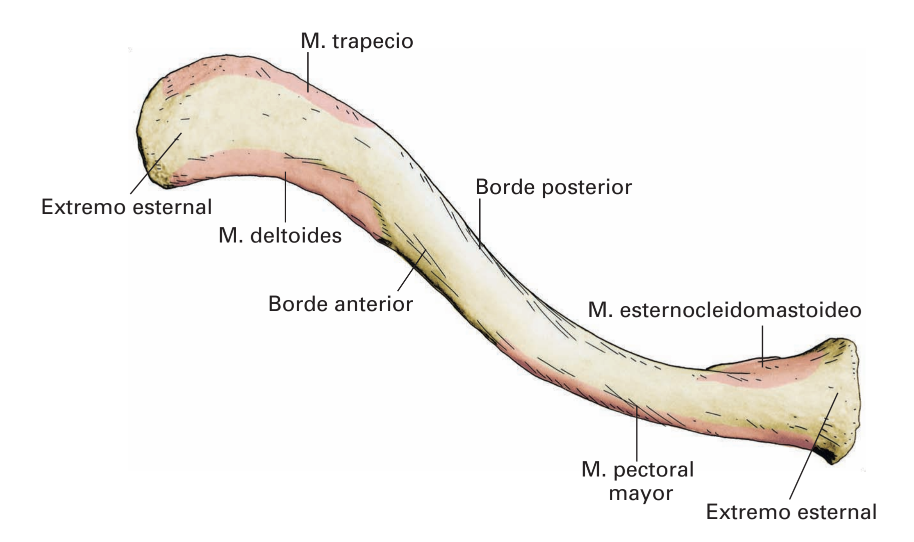


Figura 6-1. Clavícula, visión superior.

El hueso es aplanado de arriba abajo, y en su trayecto de esternón a escápula sigue un recorrido en forma de S itálica con un segmento interno cóncavo hacia atrás y un segmento externo cóncavo hacia adelante.

La **cara superior** es lisa salvo en sus extremos, donde muestra rugosidades de inserciones musculares. La **cara inferior** es rugosa, con un canal en la zona central (**surco del músculo subclavio**) y rugosidades de inserción ligamentosa en el extremo interno, la **tuberosidad costal** (ligamento costoclavicular), y en el externo, **tuberosidad coracoclavicular**. Esta última consta de un segmento posterior, el **tubérculo conoideo**, y otro más anterior y lateral, la **línea trapezoidea**.

Los bordes anterior y posterior que separan ambas caras son de inserción muscular.

Los extremos del hueso son articulares. El extremo externo (**extremo acromial**) tiene una **carilla articular** plana para el acromion que está orientada oblicuamente hacia fuera y hacia abajo. El extremo interno (**extremo esternal**) posee una superficie articular en forma de cuña que se acopla a una superficie de orientación inversa que se forma entre el esternón y el primer cartílago costal.

Fracturas de la clavícula

La función principal de la clavícula es transmitir cargas hacia el tronco, y la forma de S le confiere más elasticidad para desempeñar dicha función. Sin embargo, las fracturas de la clavícula son frecuentes, en el adulto por traumatismos aplicados en el hombro y en el recién nacido por tracciones efectuadas durante el parto. La relaciones que posee la clavícula con los vasos subclavios y nervios braquiales en su trayecto desde la base del cuello hacia la axila motivan que exista un riesgo potencial de lesión vascular o nerviosa asociado a las fracturas claviculares.

Algunos cirujanos han calificado a la clavícula como hueso innecesario ya que tanto los movimientos como la forma del hombro pueden conservarse completamente después de una amputación completa del hueso (*cleidectomía*).

Osificación

La clavícula es el hueso que inicia su osificación más pronto y se forma por un sistema mixto de osificación. La zona central deriva de una lámina fibroconectiva que se

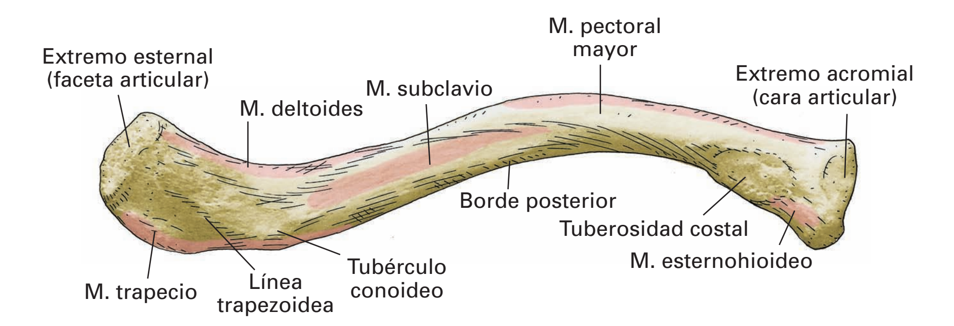


Figura 6-2. Clavícula, visión inferior.

osifica a partir de la 4.ª semana del desarrollo mediante un proceso de osificación dérmica constituyendo los centros primarios de osificación de este hueso. Los extremos de la clavícula pasan antes de osificarse por una etapa cartilaginosa (osificación endocondral). De los dos extremos del hueso, el externo se osifica durante la pubertad mientras que el interno lo hace más tarde (entre los 18 y los 25 años).

ESCÁPULA[2] (*omoplato*)[3] (Figs. 6-3 y 6-4)

Es un hueso aplanado y triangular que se dispone aplicado a la parte superior y posterior del tórax, a nivel de las 7 primeras costillas.

La cara anterior mira hacia la pared torácica (**cara costal**) y presenta una superficie excavada (**fosa subescapular**) atravesada por algunos relieves de inserción muscular.

La **cara posterior** mira hacia la piel del dorso y está dividida en dos segmentos, de aspecto cóncavo, por una elevación transversal, la **espina de la escápula**. Por encima de la espina se dispone la **fosa supraespinosa** y por debajo la **fosa infraespinosa**; ambas son superficies de inserción muscular. La espina es un relieve muy acentuado con forma de lámina triangular, que hace prominencia bajo la piel por su borde posterior. Este borde recibe inserciones musculares que le dan un aspecto rugoso y en su extremo lateral se prolonga formando una voluminosa prominencia, el **acromion**[4], el cual presenta, en su borde interno, una **carilla articular plana para la clavícula**.

De los tres bordes que delimitan la escápula, el **superior** (*cervical*) es fino y cortante y en las proximidades de

[2] Escápula refleja la forma de pala del hueso ya que proviene del griego *skapto* = yo cavo.

[3] Del griego *omós* = espalda/hombro y *plate* = llano.

[4] Del griego *akros* = estremo y *omós* = hombro.

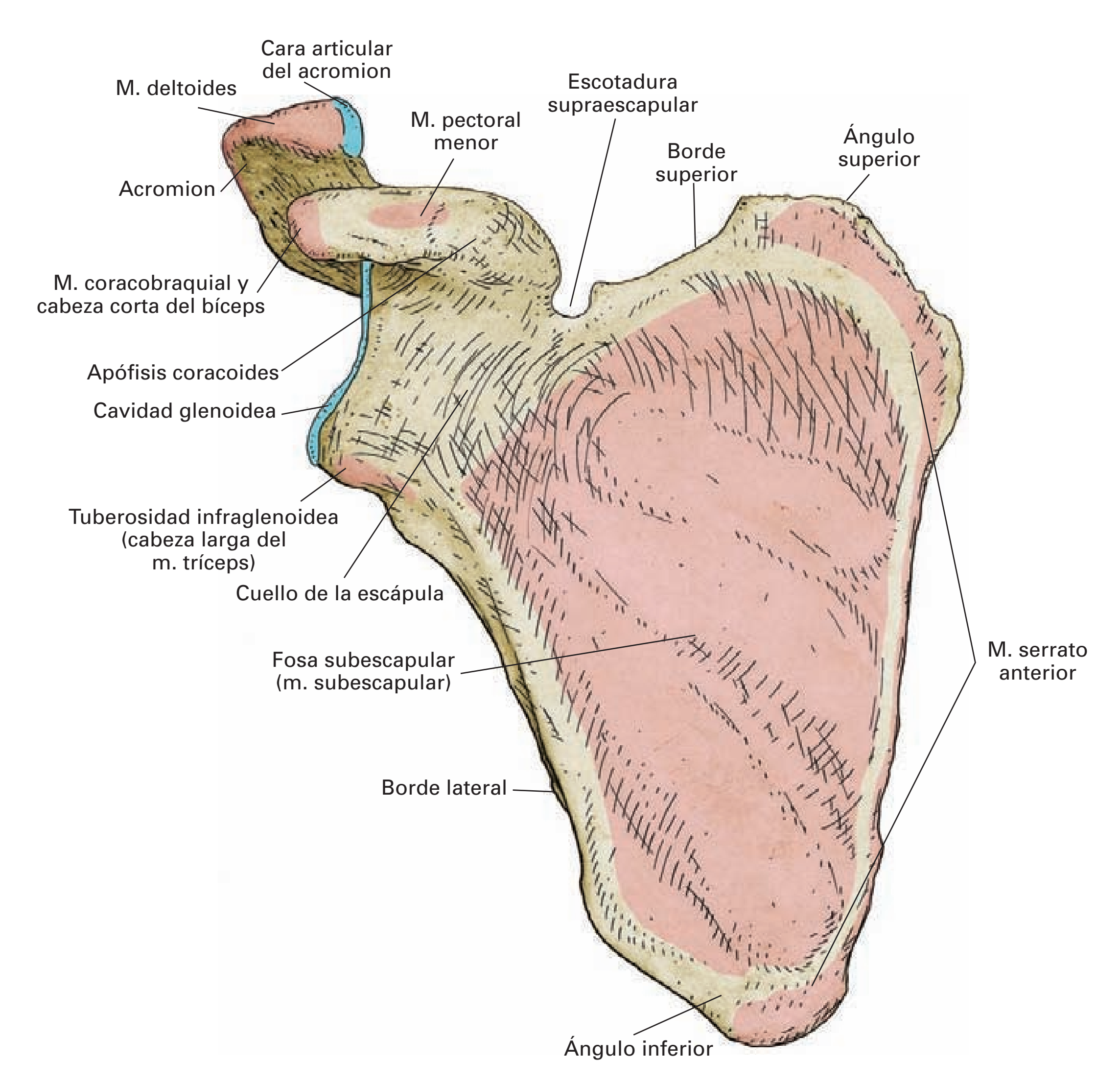


Figura 6-3. Escápula, visión anterior.

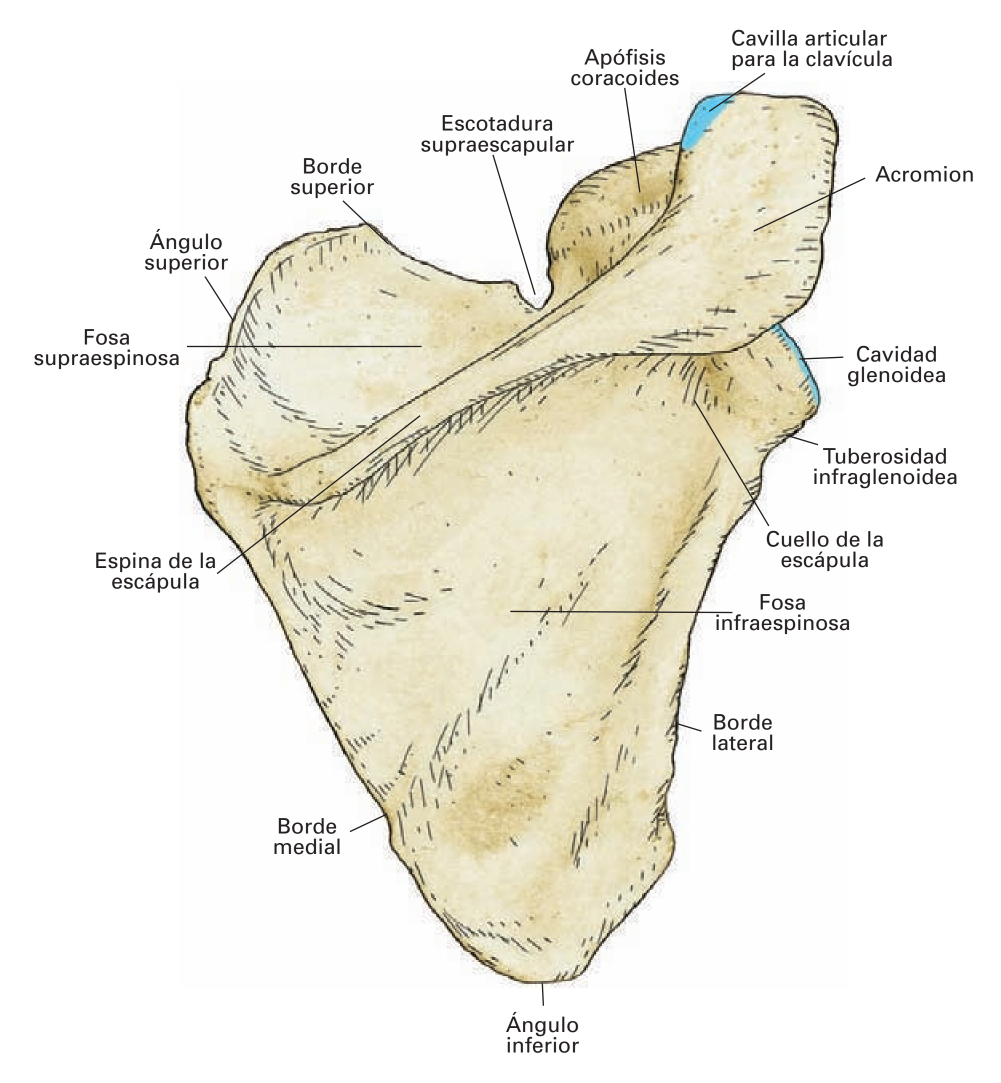


Figura 6-4. Escápula, visión posterior.

su extremo lateral presenta la **escotadura supraescapular**. El borde interno (*vertebral*) es de inserción muscular y forma ángulos bien definidos en las zonas de confluencia con el borde superior (**ángulo superior**) y con el borde lateral (**ángulo inferior**). El **borde lateral** (*axilar*) es oblicuo y en él se observa un surco que queda separado de las caras posterior y anterior por unos labios robustos que dan consistencia al hueso. En su extremo superior, que se corresponde con el **ángulo lateral** de la escápula, el hueso está abultado (**cabeza de la escápula**) y presenta la **cavidad glenoidea**, que es una superficie cóncava de contorno ovalado, articular para la cabeza del húmero. La base de implantación de la cavidad glenoidea en el ángulo de la escápula está ligeramente estrechada y se denomina **cuello de la escápula** para separarla del resto del hueso, al que se denomina **cuerpo de la escápula**.

La cavidad glenoidea está orientada en dirección anterolateral, y en los extremos superior e inferior de su contorno muestra las **tuberosidades supraglenoidea** e **infraglenoidea**, causadas por inserciones musculares. Además, haciendo proyección por encima y por dentro de la cavidad glenoidea se dispone un relieve óseo, la **apófisis coracoides**, que arranca de la escápula entre el cuello y el extremo externo del borde superior. La apófisis coracoides tiene forma incurvada, a modo de pico de cuervo, y da inserción a varios músculos y ligamentos de la región.

Osificación

La maqueta cartilaginosa de la escápula comienza a osificarse en la mitad del segundo mes de desarrollo por un centro primario de osificación situado en la fosa infraespinosa. La osificación se completa en el período posnatal por la sucesiva incorporación de centros secundarios (8-10) para cavidad glenoidea, acromion, apófisis coracoides, ángulo inferior y borde interno. Alrededor de los 20 años, la escápula es normalmente ósea en su totalidad, aunque la osificación completa del ángulo inferior puede retrasarse hasta cerca de los 30 años.

Ligamentos propios de la escápula

Asociadas a la escápula se disponen algunas formaciones ligamentosas cuya función es estructural, y no la habitual de frenar movimientos. Estos ligamentos son:

Ligamento transverso superior de la escápula (*coracoideo*, Fig. 6-23), que se extiende de un extremo al otro de la escotadura supraescapular transformándola en un conducto osteofibroso por donde pasa el nervio supraescapular.

Ligamento coraco-acromial (véanse Figs. 6-23 y 6-60), es una banda fibrosa triangular que se inserta por su base en el borde externo de la apófisis coracoides y por su vértice en el acromion. Se forma así, en conjunto, una estructura osteofibrosa de considerable importancia médica, el *arco acromiocoracoideo*, que forma un puente por encima de la articulación escapulohumeral. El músculo infraespinoso y su bolsa serosa discurren por debajo del arco y pueden ser comprimidos en los movimientos de elevación del húmero (véase Articulación del hombro).

> **Ligamento transverso inferior de la escápula** (*espinoglenoideo*), que es una estrecho fascículo fibroso que se extiende entre el borde externo de la espina de la escápula y el reborde de la cavidad glenoidea, formando un conducto osteofibroso.

HUMERO[5] (Figs. 6-5 y 6-6)

Forma el esqueleto del brazo y es un hueso largo en el que se puede distinguir un cuerpo (diáfisis) y dos extremidades (epífisis).

Cuerpo

Es casi rectilíneo, con un contorno circular por arriba mientras que por abajo es prismático triangular. En su superficie se insertan numerosos músculos que producen algunos relieves reconocibles. En la parte superior de su **cara anterolateral** está la **tuberosidad deltoidea**, que es una huella en forma de V causada por la inserción del deltoides. En la **cara anteromedial** se dispone el agujero nutricio. La **cara posterior** está recorrida por un surco oblicuo hacia abajo y hacia fuera, el **surco radial** (*canal de torsión*). Este surco se interpone entre las inserciones de los músculos vastos y por él discurren el nervio radial y la arteria braquial profunda.

Los **bordes medial** y **lateral** del cuerpo prestan inserción a los tabiques intermusculares de la fascia profunda del brazo.

[5] Del griego *omos* = hombro.

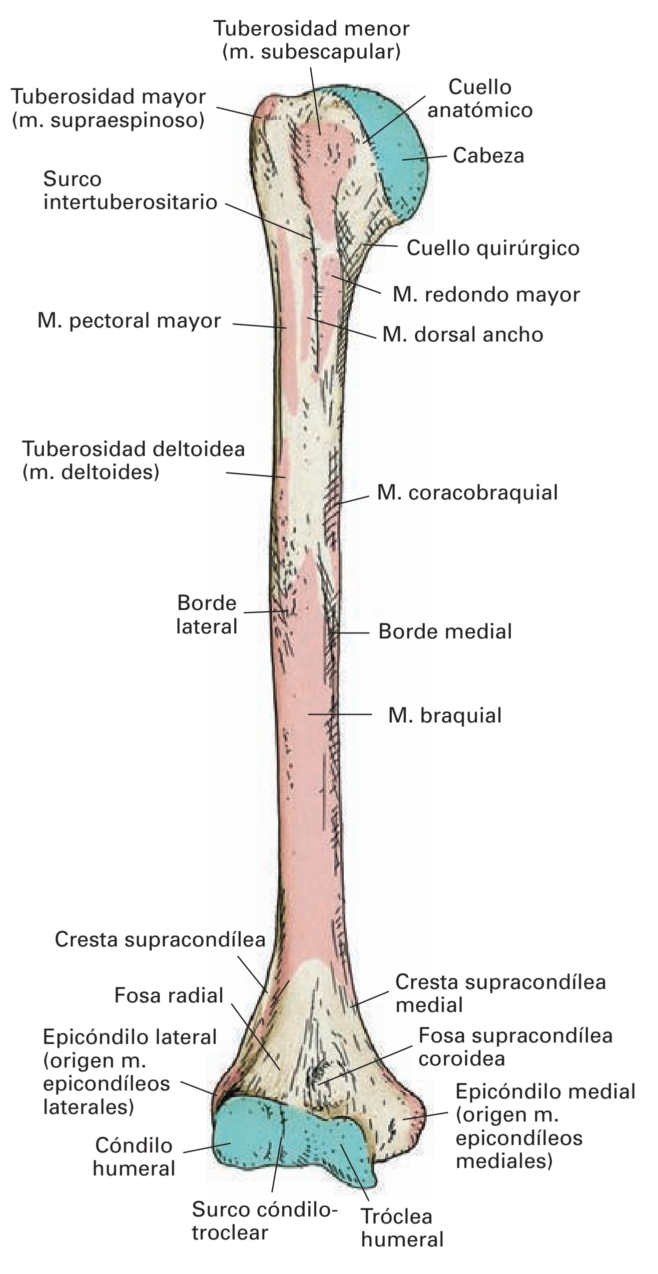


Figura 6-5. Húmero, visión anterior.

Extremidad superior

La extremidad superior del húmero presenta tres eminencias. Una de ellas, la **cabeza**, es articular y las otras dos son de inserción muscular, las **tuberosidades mayor y menor**.

La cabeza es redondeada y representa aproximadamente un tercio de esfera de unos 60 mm de diámetro. Está revestida de cartílago articular y se orienta hacia dentro, arriba y atrás. Está separada por un surco de la región de las tuberosidades, el **cuello anatómico del húmero.**

Las tuberosidades se disponen entre el cuerpo y la cabeza y se prolongan hacia abajo por crestas óseas. La tuberosidad mayor (*troquíter)* está alineada con el borde lateral del cuer-

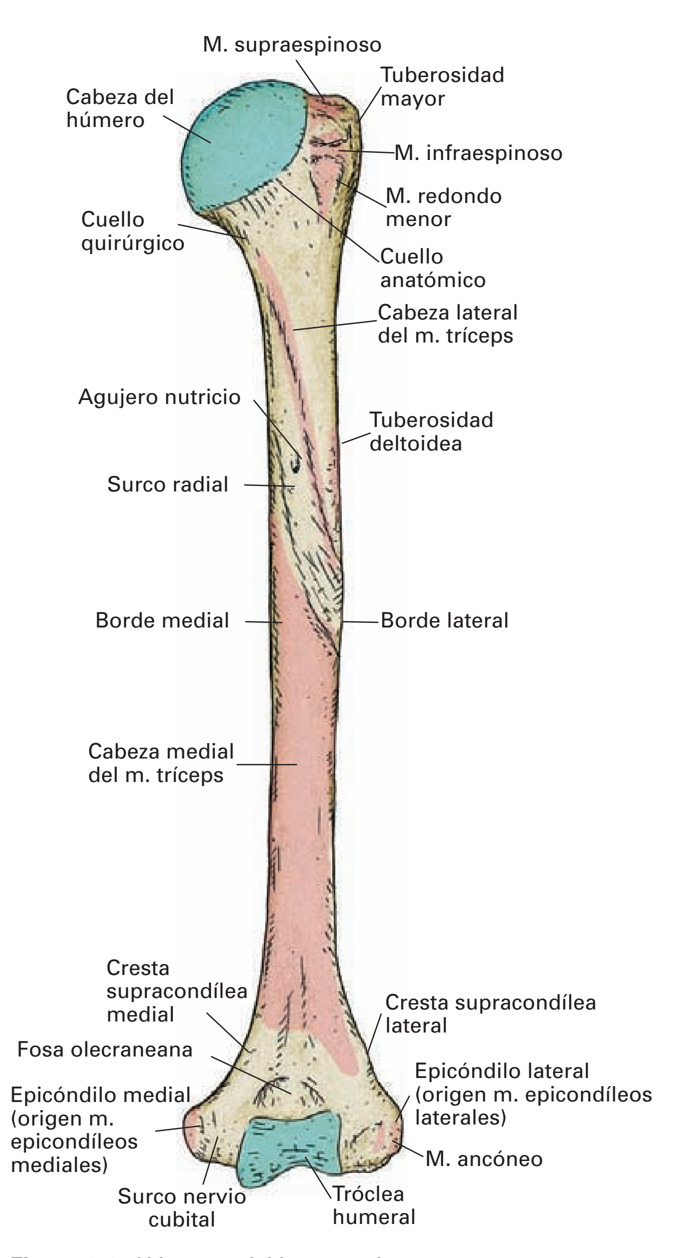


Figura 6-6. Húmero, visión posterior.

po y la menor (*troquín*) es más anterior. Entre las dos tuberosidades y las crestas que las prolongan hacia abajo se establece el **surco intertuberositario** (**corredera bicipital**).

El límite entre la extremidad superior y el cuerpo del húmero es una zona frecuente de fracturas que se sitúa por debajo de las tuberosidades y se denomina **cuello quirúrgico**.

Extremidad inferior

La extremidad inferior del húmero es ancha y aplanada (*paleta humeral*) y forma con la diáfisis un ángulo de unos 45 grados abierto hacia delante que evita el choque de los extremos óseos durante la flexión del codo. Consta de una zona media donde se sitúan las superficies articulares para el codo y unos relieves laterales de inserción músculo-ligamentosa, los **epicóndilos**, que hacia arriba se prolongan, mediante las **crestas supracondíleas**, con los bordes lateral y medial del cuerpo.

La zona media presenta por dentro la **tróclea humeral**, que es una superficie articular en forma de polea para la extremidad superior del cúbito, y por fuera el **cóndilo humeral**, que es una superficie ovoide para la cabeza del radio. Entre ambas superficies se interpone el **surco cóndilo-troclear**. En el plano posterior, por encima de la tróclea, se sitúa la **fosa olecraneana**. En el plano anterior, por encima del cóndilo, se encuentra la **fosa radial** (*supracondílea*) y, por encima de la tróclea, la **fosa coronoidea** (*supratroclear*).

De los dos epicóndilos, el interno es el más voluminoso y, en su cara posterior, presenta un surco por donde desciende el nervio cubital (**surco para el nervio cubital**).

Osificación

El húmero posee un centro primario de osificación en la diáfisis que aparece en torno a la 6-8.ª semana del desarrollo y se extiende a todo lo largo de ella en el período prenatal. En el período posnatal las extremidades son cartilaginosas y van apareciendo en ellas una serie de centros secundarios de osificación que se localizan en sus relieves anatómicos (cabeza, tuberosidades, cóndilo, tróclea y epicóndilos). El primer centro secundario que aparece es el de la cabeza humeral (6.º mes) y el último el del epicóndilo lateral (pubertad). La osificación del húmero se completa entre los 20 y los 25 años.

> La reducción del tamaño del húmero durante el segundo trimestre de gestación constituye un indicio diagnóstico del síndrome de Down

CÚBITO (*ulna*)[6] (Figs. 6-7 y 6-8)

Constituye junto con el radio el esqueleto del antebrazo. De los dos huesos, el cúbito es el interno.

Cuerpo

El cuerpo tiene una silueta ligeramente curvada en forma de S muy tendida y consta de tres caras (**anterior**, **posterior** y **medial**) con algunas rugosidades de inserciones musculares. Los **bordes anterior** y **posterior** separan, respectivamente, la cara medial de la anterior y de la posterior. El borde externo separa las caras anterior y posterior, y recibe el nombre de **borde interóseo** porque presta inserción a la membrana interósea que ocupa el espacio delimitado entre cúbito y radio. La parte superior de este borde se bifurca para delimitar un espacio triangular bajo la

[6] Ulna del latín = codo.

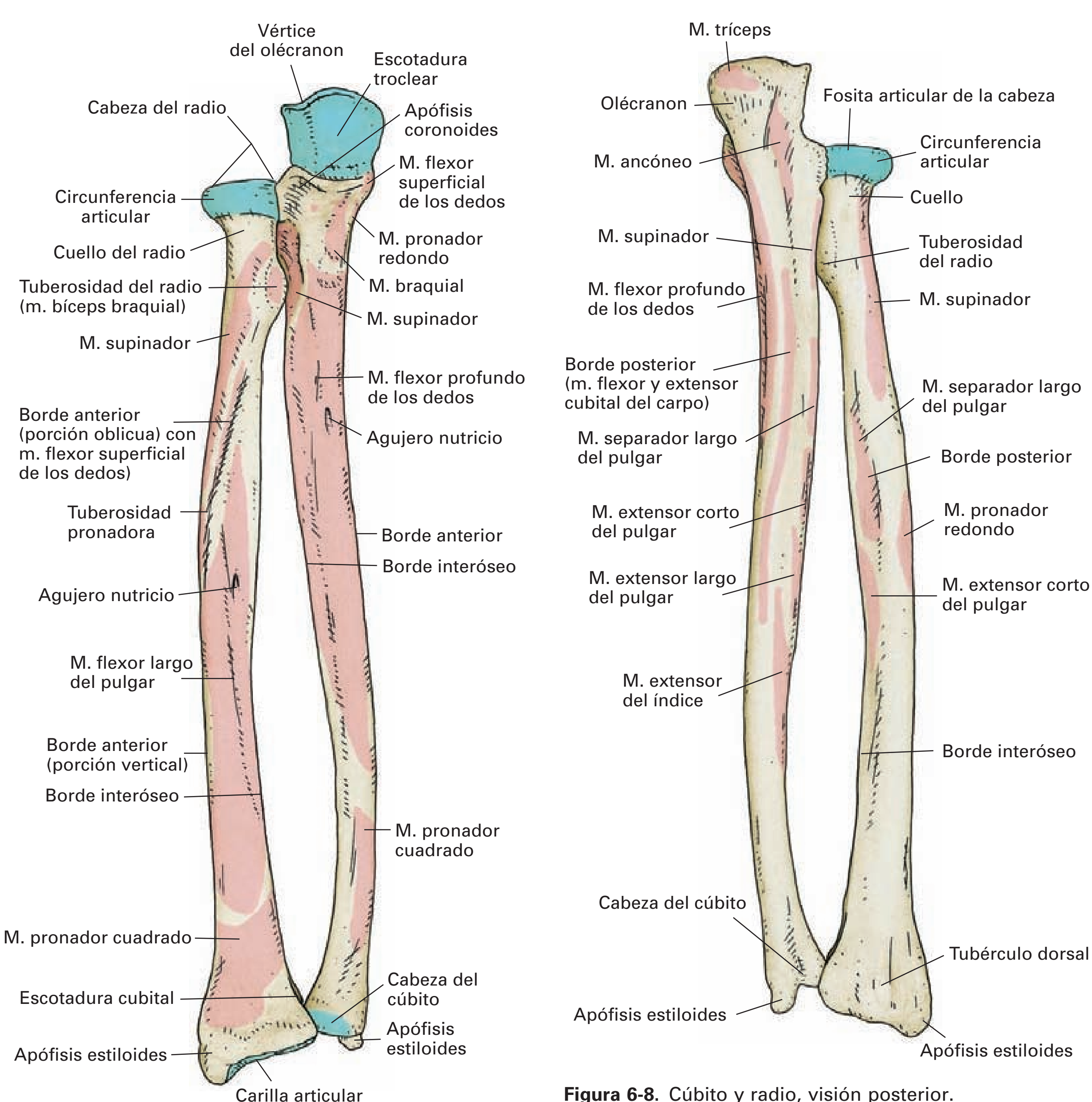


Figura 6-7. Cúbito y radio, visión anterior.

Figura 6-8. Cúbito y radio, visión posterior.

escotadura radial (véase Extremidad superior del hueso), la **superficie del supinador** (*superficie subsigmoidea*), cuyo margen posterior está resaltando la **cresta supinatoria**.

Extremidad superior

La extremidad superior del cúbito posee dos grandes prominencias óseas, una vertical que continúa el cuerpo hacia arriba, el **olécranon**, y otra horizontal dirigida hacia delante, la **apófisis coronoides**. En el plano anterior, entre ambas prominencias, se delimita una amplia superficie articular cóncava, la **escotadura troclear** (*cavidad sigmoidea mayor*), que se acopla a la superficie de la tróclea humeral.

El olécranon es rugoso por su cara posterior y en su extremo superior se prolonga hacia delante formando **el vértice del olécranon**, que es un relieve puntiagudo incluido dentro de la articulación del codo.

La apófisis coronoides tiene forma de pirámide con el vértice proyectado hacia el plano anterior (*pico de la apófisis coronoides*) y en la cara externa se observa una pequeña excavación articular para la cabeza del radio , la **escotadura radial** (*cavidad sigmoidea menor*).

Extremidad inferior

La extremidad inferior del cúbito es menos voluminosa que la superior y presenta dos accidentes: la **cabeza del cúbito** y la **apófisis estiloides**. La cabeza es un relieve redondeado, palpable en la parte posterior de la muñeca, que consta de un segmento externo articular para la extremidad inferior del radio y un segmento inferior para el disco de la articulación de la muñeca. La apófisis estiloides del radio es una eminencia cónica de inserción ligamentosa, situada por dentro y un poco por detrás de la cabeza. En el extremo inferior del hueso la apófisis estiloides y la cabeza del cúbito se separan por un surco donde se inserta el ligamento triangular. De igual modo, en la cara posterior, entre la apófisis estiloides y la cabeza, se dispone un surco por el que se desliza el tendón del músculo extensor cubital del carpo.

Osificación

El cúbito presenta un centro primario de osificación para la diáfisis y gran parte de las extremidades que aparece en la 8.ª semana del desarrollo. Después del nacimiento, entre los 8 y 10 años, aparecen dos centros secundarios, uno para el olécranon y otro para la apófisis estiloides y parte inferior de la cabeza. La osificación del hueso se completa entre los 20 y los 24 años.

RADIO[7] (Figs. 6-7 y 6-8)

El radio completa con el cúbito el esqueleto óseo del antebrazo. Al igual que el cúbito, posee un cuerpo y dos extremidades.

Cuerpo

El cuerpo es ligeramente cóncavo hacia dentro y se va haciendo más voluminoso de arriba abajo. En él se distinguen tres **caras**, **anterior**, **posterior** y **lateral**, con numerosas inserciones musculares, algunas de las cuales ocasionan relieves identificables, como la **tuberosidad pronadora** en la cara lateral. De los **bordes** (**anterior**, **posterior** y **medial**) que separan las caras del cuerpo, el medial es el **borde interóseo** donde se inserta la membrana interósea.

Extremidad superior

La extremidad superior del radio presenta dos accidentes anatómicos: la **cabeza** y el **cuello**, y en la confluencia de éste con el cuerpo se localiza la **tuberosidad del radio** (*bicipital*). La cabeza del radio tiene el aspecto de un tambor de contorno ovalado y eje mayor transversal con una superficie superior ligeramente excavada, la **fosita articular de la cabeza** (*cúpula del radio*), para el cóndilo del húmero, y un contorno circular (**circunferencia articular**) que se articula con la escotadura radial del cúbito y con el ligamento anular. El cuello es la zona estrechada de hueso que une a la cabeza con el cuerpo. La tuberosidad del radio es un relieve óseo muy acentuado que se sitúa en la parte anterointerna del hueso entre el cuello y el cuerpo del radio.

> Al girar el radio durante los movimientos de pronación, la tuberosidad radial puede chocar con el cúbito ocasionando lo que se denomina pronación dolorosa. Una de las causas de este síndrome es que la cabeza del radio no posea un diámetro transversal adecuado.

Extremidad inferior

La extremidad inferior del radio es la zona más voluminosa del hueso. En su superficie inferior se observa la **carilla articular carpiana**, en la que se distinguen un sector lateral para el escafoides y otro medial para el semilunar separados por una cresta obtusa. En la cara interna se dispone la **escotadura cubital** (*cavidad sigmoidea del radio*), que es la superficie articular para la cabeza del cúbito. La superficie anterior da inserción al músculo pronador cuadrado. Las superficies posterior y externa presentan surcos verticales por donde discurren tendones hacia la mano. Además, la cara externa se prolonga hacia abajo por un eminencia piramidal, la **apófisis estiloides del radio**.

Osificación

El centro primario de osificación aparece en la diáfisis en la 8.ª semana y se extiende progresivamente hacia las epífisis. En el nacimiento, sólo las extremidades del hueso permanecen sin osificar y van apareciendo progresivamente tres centros secundarios de osificación. El primero en aparecer es el de la extremidad inferior del radio (1-2 años). Entre los 4 y los 9 años aparece el centro de la cabeza y, finalmente, durante la pubertad aparece un centro para la tuberosidad del radio. La osificación del hueso se completa entre los 20 y los 25 años.

HUESOS DE LA MANO

El esqueleto óseo de la mano (Figs. 6-9 y 6-11) consta de tres segmentos, el **carpo**, el **metacarpo** y las **falanges**. Asociados a las articulaciones entre las falanges y los metacarpianos aparecen también de forma inconstante algunos **huesos sesamoideos**. Debido a la disposición y morfología de la mano, con frecuencia se emplean los términos

[7] Radio del latín *radius* = palo.

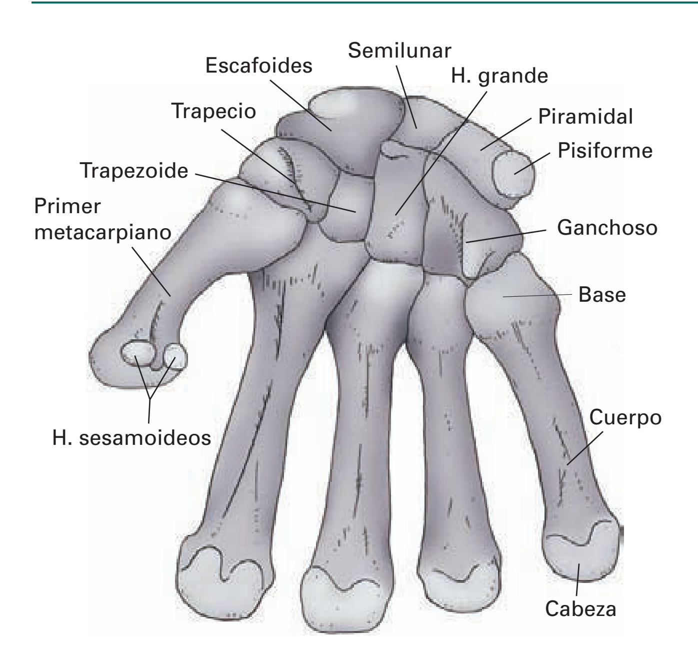


Figura 6-9. Esqueleto del carpo y del metacarpo, visión palmar.

distal y proximal para describir las caras superiores e inferiores de estos huesos respectivamente. De igual modo, también se emplean los términos palmar y dorsal para describir las superficies anterior y posterior respectivamente.

Carpo[8]

Características generales

Se compone de ocho huesos que se ordenan en dos filas, proximal y distal; cada una de ellas contiene cuatro huesos (Figs. 6-9 y 6-11).

Los huesos de la fila proximal son de lateral a medial: **escafoides**[9], **semilunar**, **piramidal** (**triquetral**[10]) y **pisiforme**[11]. Los huesos de la fila distal son **trapecio**, **trapezoide**, **hueso grande** (**capitate**) y **ganchoso** (**hamate**).

---

[8] Carpo del griego *karpos* = muñeca.
[9] Escafoides deriva del griego *scaphos* y significa barco pequeño.
[10] Triquetral deriva del latín y significa que posee tres cuernos.
[11] Pisiforme deriva del latín y significa con forma de guisante.

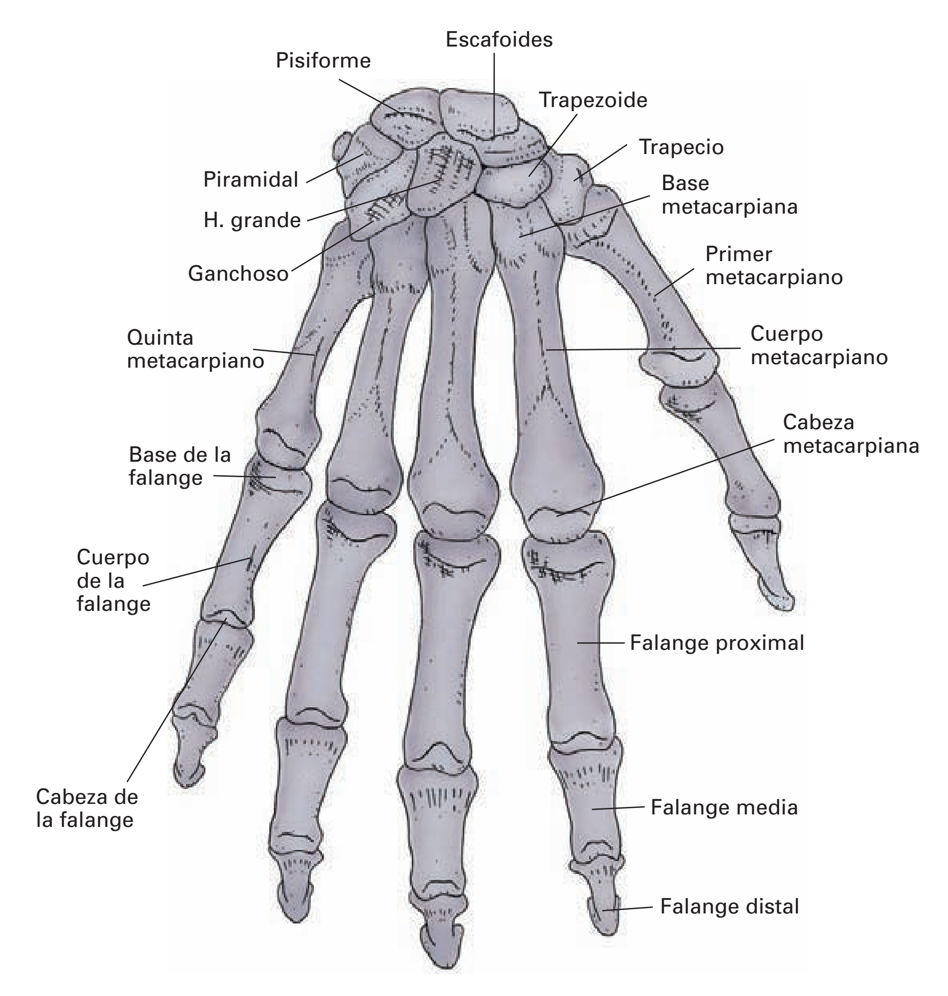


Figura 6-10. Esqueleto de la mano y de los dedos, visión dorsal.



Figura 6-11. Radiografía dorsopalmar de la mano. 1) Escafoides. 2) Semilunar. 3) Piramidal y pisiforme. 4) Trapecio. 5) Trapezoide. 6) Hueso grande. 7) Hueso ganchoso. La flecha señala un hueso sesamoideo junto a la cabeza del primer metacarpiano.



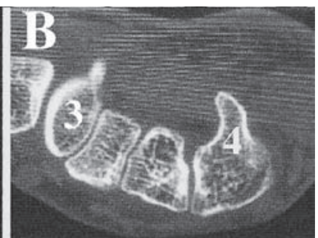


Figura 6-12. TC del carpo que muestra el surco carpiano y sus límites. A) Nivel de la primera fila del carpo. B) Nivel de la segunda fila del carpo. 1) Escafoides. 2) Pisiforme. 3) Trapecio. 4) Hueso ganchoso.

Con la excepción del pisiforme, que se sitúa en el plano ventral y se articula solamente con el piramidal, todos los demás huesos del carpo tienen una forma más o menos cúbica y presentan seis caras, de las cuales son articulares todas las que presentan un hueso vecino.

La ordenación de los huesos está representada esquemáticamente en la Figura 6-82, donde se aprecia que: 1) la fila proximal del carpo forma en conjunto un arco convexo proximalmente (*cóndilo carpiano*) que se articula con la superficie inferior del radio y con el **disco articular** (*ligamento triangular*); 2) en la parte lateral del carpo la interlínea entre la 1.ª y la 2.ª fila del carpo es convexa distalmente (trapecio y trapezoide), mientras que en la parte interna es cóncava (hueso grande y ganchoso).

La superficie dorsal de todo el carpo en conjunto es convexa, mientras que la ventral (palmar) es fuertemente cóncava (**canal carpiano**). Este hecho explica que, salvo en el caso del semilunar, las luxaciones de los huesos del carpo siempre tiendan a ser hacia el plano dorsal. El surco carpiano está en gran medida exagerado por la presencia de prominencias óseas ventrales en los huesos de los márgenes del carpo (Fig. 6-12); así, en el margen medial se encuentran el **pisiforme** y el **gancho del ganchoso**. En el margen externo, tanto el escafoides como el trapecio presentan una prominencia ósea en la superficie anterior, el **tubérculo del escafoides** y el **tubérculo del trapecio**, respectivamente.

Como se describirá más adelante, en el vivo el canal carpiano se transforma en un túnel osteofibroso por la presencia de un potente retináculo fibroso que se extiende entre los márgenes del plano ventral del carpo.

Osificación (Fig. 6-13)

El patrón de osificación de los huesos del carpo tiene importancia clínica porque se utiliza como indicador de la edad ósea de los niños. Cada hueso presenta un núcleo de osificación que aparece después del nacimiento. El primero surge en el hueso grande. Los demás van apareciendo de acuerdo con una secuencia temporal que sigue a grandes rasgos una dirección contraria a la de las agujas del reloj. Así el hueso grande y el ganchoso muestran el núcleo de osificación en el primer año; el piramidal aparece entre los 1,5 y los 4 años, el semilunar entre los 2 y los 6 años, el trapecio y el trapezoide entre los 3 y los 6 años, y el escafoides entre los 5 y los 6 años. El centro de osificación del pisiforme constituye una excepción a la regla descrita y es el último en aparecer (9-14 años).

En ocasiones se forma un hueso supernumerario entre el escafoides, el trapezoide y el hueso grande que se denomina **hueso central**, que corresponde a una pieza cartilaginosa que en el curso del desarrollo se suelda al escafoides. En el orangután el hueso central permanece en el adulto como hueso independiente.

Escafoides

Cara anterior: es rugosa y presenta el **tubérculo del escafoides**, palpable y a veces visible en el margen interno de la parte proximal de la eminencia tenar.

Cara superior: es articular para el radio.

Cara inferior (distal): es articular para el trapecio y el trapezoide.

Cara dorsal: es rugosa.

Cara lateral: presenta un surco por donde discurre la arteria radial, el canal del la arteria radial.

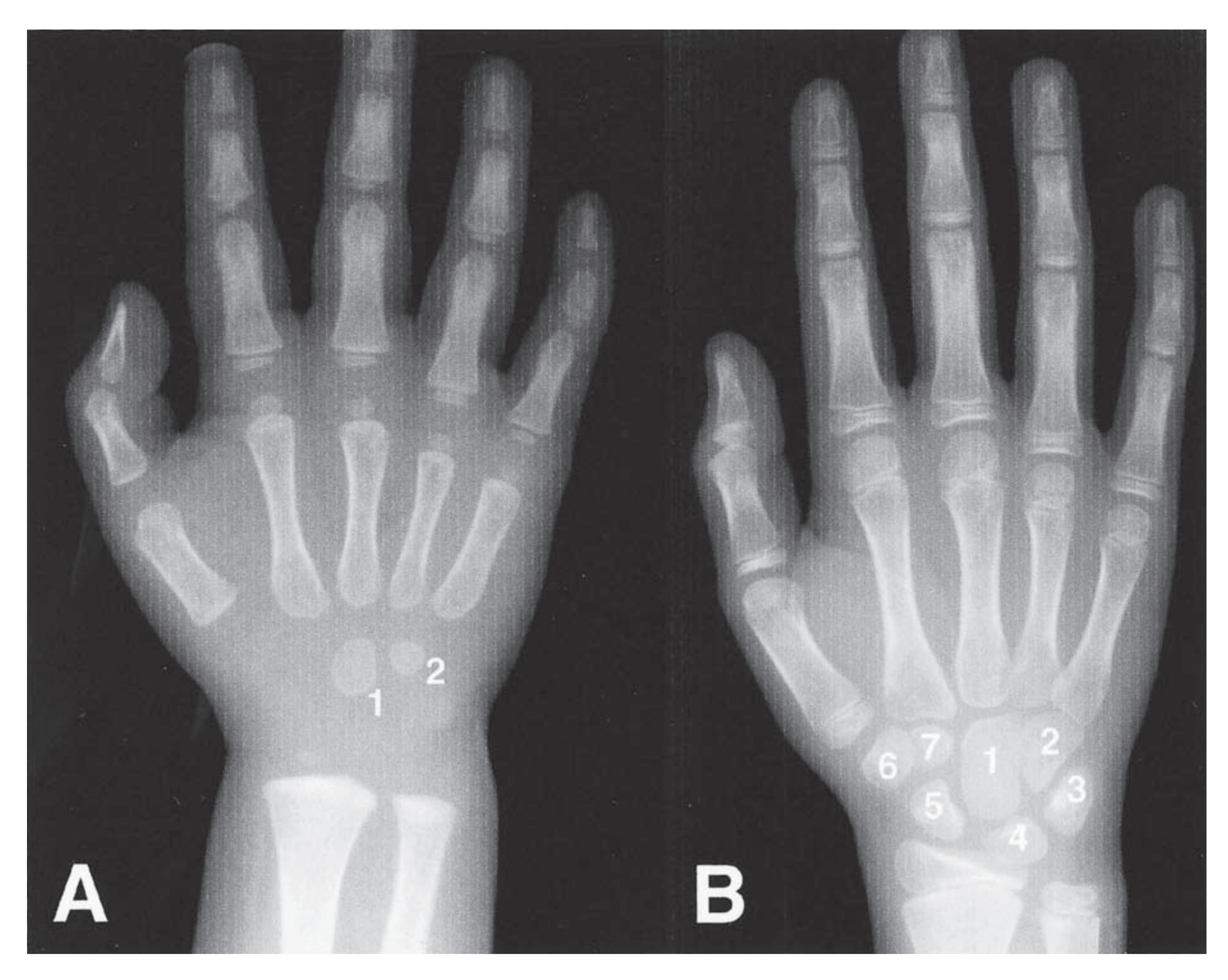


Figura 6-13. Radiografías dorsopalmares de la mano en diferentes etapas de osificación. (A) Niño de 2 años. (B) Niño de 10 años. 1) Hueso grande. 2) Ganchoso. 3) Piramidal. 4) Semilunar. 5) Escafoides. 6) Trapecio. 7) Trapezoide. Obsérvese en A la aparición de los centros de osificación de las bases de las falanges y de las cabezas de los metacarpianos. Obsérvese en B el centro de osificación de la base del primer metacarpiano.

Cara medial: superficie articular para el semilunar y para el hueso grande.

> El escafoides es el hueso del carpo que se fractura con mayor frecuencia. Además, dado que la mayor parte de la superficie del escafoides es articular, los vasos disponen de una zona pequeña en la cara dorsal del hueso para penetrar en él. Tras las fracturas del escafoides la vascularización del segmento proximal del hueso fracturado se ve con frecuencia afectada.

Semilunar

Cara superior: superficie articular para el radio.

Cara inferior: superficie articular para el hueso grande y el ganchoso.

Cara lateral: superficie articular para el escafoides.

Cara medial: superficie articular para el piramidal.

Cara anterior: rugosa.

Cara posterior: rugosa.

Piramidal (triquetral)

Cara superior: superficie articular para el disco de la articulación radiocarpiana y a través de éste para la cabeza del cúbito.

Cara inferior: superficie articular para el ganchoso.

Cara anterior: superficie articular para el pisiforme.

Cara posterior: rugosa, presenta la cresta del piramidal.

Cara externa: superficie articular para el semilunar.

Cara interna: muy estrecha y rugosa.

Pisiforme

Su descripción se escapa del patrón general de los huesos del carpo y se comporta como un hueso sesamoideo desarrollado en el tendón del músculo flexor cubital del carpo. Tiene forma ovoide y por su superficie dorsal se articula con el piramidal.

Se puede palpar en el margen medial del plano anterior de la muñeca como un relieve óseo ligeramente móvil.

Se han planteado diversas teorías, además de su posible naturaleza de hueso sesamoideo, para explicar los rasgos

singulares del pisiforme. Entre las explicaciones propuestas destacan las evolutivas, que consideran al pisiforme como un antiguo hueso perteneciente a una fila central del carpo, ausente en el ser humano actual, que ha sido desplazado hacia el plano ventral. También se ha sugerido que representa un resto vestigial de un antiguo dedo 6 desaparecido en la evolución.

Trapecio

Cara superior: superficie articular para el escafoides.

Cara inferior: superficie articular para el primer metacarpiano.

Cara anterior: presenta un canal por donde discurren el tendón del flexor radial del carpo y, por fuera, el **tubérculo del trapecio**.

Cara posterior: rugosa.

Cara externa: rugosa.

Cara interna: por arriba superficie articular para el trapezoide y por abajo para la cara lateral de la base del segundo metacarpiano.

Trapezoide

Cara superior: superficie articular para el escafoides.

Cara inferior: superficie articular para el segundo metacarpiano.

Cara anterior: rugosa.

Cara posterior: rugosa.

Cara externa: superficie articular para el trapecio.

Cara interna: superficie articular para el hueso grande.

Hueso grande (capitate)

Dado su mayor tamaño respecto a los demás huesos del carpo y su morfología se distinguen en él un segmento superior, la **cabeza**, otro inferior, el **cuerpo** y, entre ambos, el **cuello**.

Cara superior: superficie articular para escafoides y semilunar.

Cara inferior: superficie articular para las bases de los metacarpianos 2.º, 3.º y 4.º.

Cara anterior: rugosa.

Cara posterior: rugosa.

Cara externa: superficie articular para el escafoides por arriba y para el trapezoide por abajo. Cara interna: superficie articular para el ganchoso.

El análisis de la morfología del hueso grande es útil para deducir la forma de locomoción de antropoides extinguidos a partir de restos fósiles, ya que en los monos, que utilizan las manos como apoyo parcial en la locomoción terrestre o para la suspensión en la locomoción arborícola, la cabeza del hueso grande es más voluminosa y el cuello más estrecho.

Ganchoso (hamate)

Cara superior: superficie articular para el semilunar y una pequeña franja para el piramidal.

Cara inferior: superficie articular para las bases de los metatarsianos 4.º y 5.º.

Cara anterior: posee un gran relieve óseo, el **gancho**, que puede palparse en la palma de la mano a unos 2.5 cm distalmente del pisiforme, siguiendo una línea trazada entre este hueso y la base del dedo anular. Por fuera del gancho se sitúa la división del nervio cubital en su rama profunda y superficial.

Cara posterior: rugosa.

Cara externa: superficie articular para el hueso grande.

Cara interna: es realmente un borde libre que da al hueso forma de cuña.

Metacarpo

Características generales

Consiste en cinco huesos **metacarpianos** que forman el esqueleto óseo de la palma de la mano (Figs. 6-9 y 6-10). Se numeran de lateral a medial y delimitan entre sí los espacios interóseos. Los cuatro últimos metacarpianos presentan características comunes y están alineados longitudinalmente formando columnas óseas paralelas, de donde surgen los dedos. En cada metacarpiano se distinguen un **cuerpo**, una extremidad superior o **cabeza** y una extremidad inferior o **base**.

El cuerpo está ligeramente curvado formando una concavidad anterior y en él se distinguen una cara posterior convexa y dos laterales que delimitan los espacios interóseos.

La base tiene un aspecto cuboideo, y su superficie muestra rugosidades excepto en la cara superior, que es articular para los huesos de la segunda fila del carpo, y en las caras laterales, que disponen de superficies articulares para el metacarpiano vecino.

El segundo metacarpiano carece de superficie articular en la cara externa de la base ya que no se une al primer metacarpiano. De igual modo, el 5.º al no haber 6.º, carece de superficie articular en la cara interna de la base.

El tercer metacarpiano presenta una pequeña **apófisis estiloides** en la cara dorsal de su base que puede aparecer independizada como hueso supernumerario del carpo, *os styloideum*. Con alguna frecuencia su presencia se manifiesta como una protuberancia dolorosa del dorso del carpo que limita el movimiento.

La cabeza es ligeramente aplanada en sentido lateral. En la cara distal (inferior) presenta una superficie articular para la base de la primera falange que se prolonga hacia el plano anterior. En las caras laterales muestra relieves de inserción de los ligamentos laterales de las articulaciones metacarpofalángicas.

Osificación

Cada metacarpiano presenta un núcleo de osificación primario que aparece en la diáfisis, en el segundo mes del

período prenatal, y un núcleo secundario que aparece alrededor del tercer año después del nacimiento. El núcleo secundario se corresponde con la cabeza en los metacarpianos 2.º a 5.º, mientras que, en el caso del primer metacarpiano, se dispone en la base. La osificación de los metacarpianos se completa entre los 16 y los 18 años.

Primer metacarpiano

Tiene rasgos que le diferencian significativamente del resto de metacarpianos. Es el más corto y voluminoso, y está rotado medialmente unos 90 grados, de modo que su superficie dorsal es realmente lateral. Gracias a esta disposición, el primer metarcarpiano puede moverse lateralmente por delante de los demás dedos y establecer pinzas con ellos. Esta característica es específica de la mano humana.

En su base, carece de superficies articulares para los metacarpianos vecinos, y con respecto a la articulación con el carpo lo hace con el trapecio por medio de una superficie a modo de silla de montar, cóncava en el sentido anteroposterior y convexa en el sentido lateral.

A nivel de la cabeza, la superficie articular para la primera falange presenta unas pequeñas prolongaciones laterales en la cara anterior para articularse con 2 huesos sesamoideos.

Falanges[12]

Forman el esqueleto óseo de los dedos (Figs. 6-9 y 6-10). El primer dedo posee dos falanges y los otros cuatro dedos, tres. A pesar de poseer el mismo patrón de falanges, los cuatro últimos dedos difieren entre sí por su tamaño, y en el caso de los dedos índice y anular las diferencias de tamaño están ligadas al sexo; es mayor el anular en los varones y el índice en las mujeres. En cada dedo las falanges se designan como proximal (1.ª), media (2.ª) y distal (3.ª). Todas tienen la estructura general de los huesos largos, aunque son muy cortas. Poseen un cuerpo y dos extremidades, la proximal o **base**, y la distal o **cabeza**.

Falange proximal

El cuerpo es de contorno semicilíndrico.

En la base poseen una superficie articular para la cabeza de los metacarpianos. En el primer dedo existen, además, en la cara anterior de la base, un par de pequeñas superficies para los huesos sesamoideos.

En la cabeza se encuentra una superficie articular en forma de polea, la **tróclea**, para la base de la falange media.

Uno de los rasgos que diferencian el esqueleto óseo de la mano humana del de los grandes monos antropomorfos es la presencia de una curvatura longitudinal de la falange proximal de la mano en estos últimos. Esta curvatura refleja la utilización de la mano para sujetarse en las ramas de los árboles.

Falange media

El cuerpo y la cabeza son iguales al de la falange proximal. En la base posee una superficie articular que se acopla a la tróclea de la cabeza de la falange proximal.

Falange distal

La única diferencia significativa con la falange media, además de su menor tamaño, es que en la cabeza la superficie articular es sustituida por una eminencia ósea en forma de herradura.

Al igual que el primer metacarpiano, la forma de la falange distal del pulgar es característica del ser humano actual. En el curso de la evolución, el diámetro de esta falange parece haberse incrementado. Este rasgo se ha relacionado con la habilidad de las manos humanas para fabricar herramientas.

Osificación

Las falanges presentan un núcleo de osificación primario a partir de la 8.ª semana de desarrollo prenatal que da lugar al cuerpo y la cabeza. Además, hay un núcleo secundario para las bases que aparece a partir de los 2 años. La osificación se completa antes de los 20 años.

Variaciones

El número de falanges de los dedos es en general muy constante; sin embargo, pueden aparecer tres falanges en el pulgar, o puede faltar una falange distal en alguno de los 4 últimos dedos.

Huesos sesamoideos

Son pequeños huesos situados en el espesor de algunos tendones cuando discurren en la vecindad de una articulación. En la mano se disponen en el plano anterior y su número es variable. A nivel de la articulación metacarpofalángica del pulgar hay 2 sesamoideos constantes (Fig. 6-11). Con menor frecuencia aparecen también sesamoideos en las articulación metarcarpofalángica del índice y del meñique. En el resto de los dedos son excepcionales.

Los huesos sesamoideos son cartilaginosos en el niño y comienzan a osificarse después de los 13 años.

[12] Falange deriva del griego y significa línea de soldados.

MÚSCULOS Y FASCIAS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

No existe ningún criterio funcional o topográfico único para clasificar los músculos de la extremidad superior. Desde el punto de vista topográfico, muchos de los músculos de la extremidad se alojan en varias regiones anatómicas. De igual modo, desde el punto de vista funcional, hay numerosos músculos que mueven más de una articulación. En el presente capítulo estudiaremos los músculos de la extremidad agrupándolos en: 1) músculos que unen la extremidad superior al tronco; 2) músculos periarticulares del hombro; 3) músculos del brazo; 4) músculos del antebrazo; y 5) músculos de la mano.

Aunque en cada músculo se analizaran sus funciones más importantes, el estudio funcional de conjunto de los diferentes segmentos de la extremidad superior se estudiará a propósito de las articulaciones.

MÚSCULOS QUE UNEN EL MIEMBRO SUPERIOR AL TRONCO

Estos músculos se caracterizan desde el punto de vista funcional por participar en la dinámica de varias articulaciones que comprenden la cintura escapular, la articulación escapulohumeral e incluso las articulaciones de las costillas, interviniendo en la respiración. Desde el punto de vista topográfico, los músculos ocupan regiones anatómicas diferentes, como las regiones dorsales del tronco y del cuello, y las paredes de la axila.

Incluiremos dentro de este apartado los siguientes músculos: en el plano anterior el subclavio, el pectoral menor y el pectoral mayor; en el plano posterolateral, los romboideos, el dorsal ancho, el trapecio y el elevador de la escápula; y en el plano medial el serrato anterior.

Músculo subclavio (Fig. 6-14)

Forma y situación. Es un pequeño músculo fusiforme, situado debajo de la clavícula y tapado por completo por el pectoral mayor. Junto con el pectoral menor forma el plano profundo de la pared anterior de la axila. El músculo se interpone entre la clavícula y la arteria subclavia cuando ésta cruza la hendidura costoclavicular para penetrar en la fosa axilar, evitando su compresión.

Inserciones y trayecto. Se origina en la cara superior del primer arco costal, en la zona de tránsito entre costilla y cartílago costal, y se dirige hacia afuera, atrás y arriba para terminar en el canal del subclavio de la clavícula.

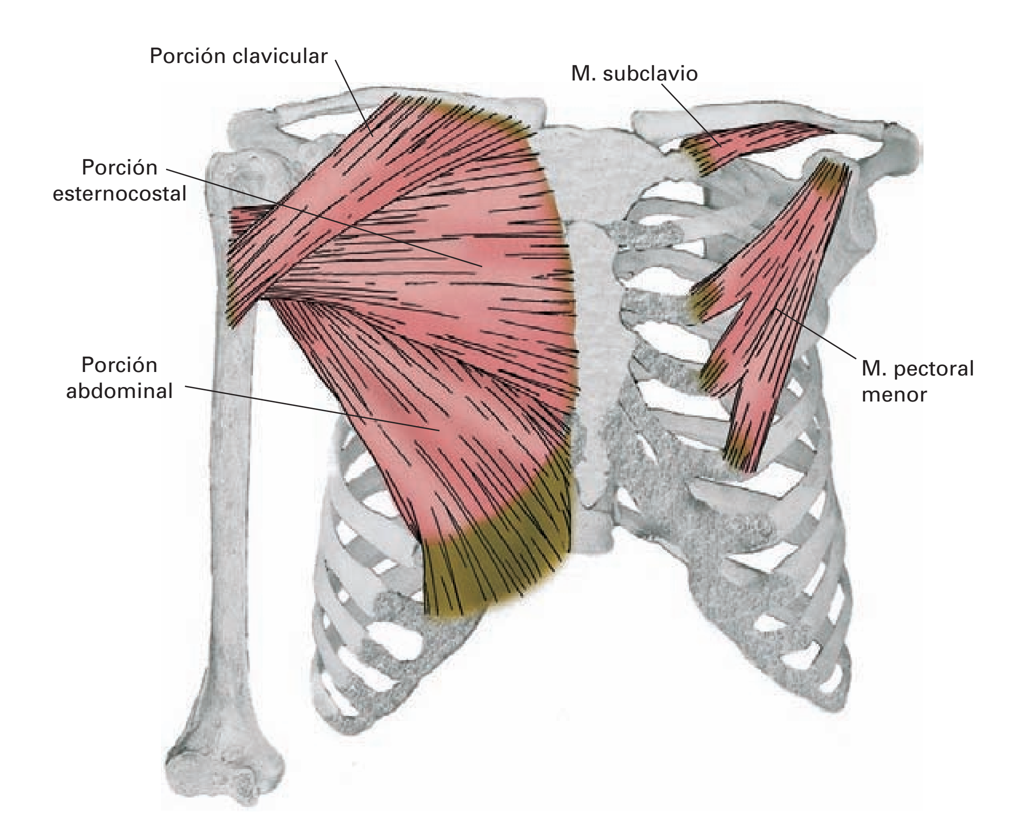


Figura 6-14. Visión anterior de los músculos pectoral mayor, pectoral menor y subclavio. En el lado izquierdo se ha eliminado el músculo pectoral mayor.

Función. La acción principal de este músculo es estabilizar la clavícula durante los movimientos de la cintura escapular traccionando de ella en dirección al disco articular de la articulación esternoclavicular. Aunque la dirección de sus fibras es compatible con un papel en el descenso de la clavícula, su parálisis no causa deficiencias significativas en la dinámica.

Inervación. Se inerva por el nervio del subclavio que arranca del tronco superior del plexo braquial y contiene fibras de C5 y C6.

Músculo pectoral menor (Figs. 6-14 y 6-22)

Forma y situación. Es un músculo aplanado y triangular. Se sitúa en el mismo plano que el subclavio, del que queda separado por el espacio clavipectoral.

Inserciones y trayecto. Se origina por tres lengüetas musculares de la cara externa de las costillas 3, 4 y 5, en la zona próxima al cartílago costal. Las fibras convergen hacia arriba y afuera en un tendón que se inserta en el borde interno de la apófisis coracoides.

Función. Traccionando de la apófisis coracoides interviene en el descenso y en la protracción de la escápula. Además, cuando se contrae junto con el elevador de la escápula y los romboideos produce una sinergia responsable de la rotación interna de la escápula.

Cuando la escápula está inmovilizada, el pectoral menor puede actuar como músculo inspirador accesorio tomando como punto fijo la coracoides y elevando las primeras costillas.

Inervación. Recibe ramas de los nervios pectorales lateral y medial, que le aportan fibras procedentes de C6, C7 y C8.

Músculo pectoral mayor (Figs. 6-14 y 6-22)

Forma y situación. Es una gran masa muscular ancha y aplanada, de forma triangular, que cubre toda la parte anterolateral del tórax. En la mujer está parcialmente oculto por la mama. Forma el plano superficial de la pared anterior de la axila.

Inserciones y trayecto. Se origina por una amplia inserción que comprende la mitad interna del borde anterior de la clavícula; la cara anterior del manubrio y el cuerpo del esternón; los 5 ó 6 primeros cartílagos costales; y la vaina del músculo recto del abdomen. Las fibras se dirigen hacia fuera para terminar continuándose con una potente lámina fibrosa plegada a modo de «U» en dos planos, un anterior y otro posterior, que se dirigen en busca del labio externo del surco intertuberositario del húmero. Las fibras procedentes de la clavícula y del esternón se incorporan a la hoja anterior del tendón y se insertan en la parte más baja del labio. Las fibras procedentes de la vaina del recto y la porción baja del esternón se incorporan a la hoja posterior del tendón y ascienden por detrás de las precedentes para fijarse en la parte alta del labio anterior. En la zona de inserción del tendón existe de modo constante una bolsa sinovial que lo separa de los tendones vecinos. En el plegamiento del tendón se acumula tejido adiposo y ocasionalmente hay otra bolsa sinovial.

Por la diferente dirección de las fibras musculares se divide al músculo en tres porciones, **clavicular**, **esternocostal** y **abdominal**, que poseen funciones diferentes.

Función. Actuando globalmente es un potente aproximador y rotador interno del húmero. Los diferentes componentes del músculo pueden también actuar de forma independiente desempeñando diferentes funciones. La porción clavicular interviene en la flexión del húmero. Las porciones esternocostal y abdominal son extensoras desde posiciones de flexión del brazo.

Cuando el húmero está inmovilizado, el pectoral mayor puede intervenir en la respiración como inspirador accesorio.

Inervación. Recibe ramas de los nervios pectorales lateral y medial. La porción clavicular recibe las fibras de C5 y C6; y las porciones esternocostal y abdominal, de C7, C8 y T1.

Músculo serrato anterior (Fig. 6-15)

Forma y situación. Es un músculo aplanado, ancho, y delgado, con forma de cuadrilátero irregular, que se dispone aplicado a la pared lateral del tórax formando la pared medial de la axila.

Inserciones y trayecto. Se origina de las nueve primeras costillas y de la fascia intercostal. La inserción tiene lugar por medio de digitaciones carnosas que dibujan en conjunto una línea oblicua cóncava hacia atrás situada por delante de la línea medioaxilar. Las fibras se dirigen hacia atrás, deslizándose sobre un tejido laxo que las separa de la pared torácica, para terminar en el borde medial de la escápula. Las últimas digitaciones del serrato se engranan con las del músculo oblicuo externo del abdomen.

Se pueden distinguir tres segmentos en el músculo: el *superior*, que va desde las dos primeras costillas a la zona del borde medial de la escápula próxima al ángulo súperointerno; una *porción media*, que va de las costillas 3 a 5 a la mayor parte del borde medial de la escápula; y una *porción inferior*, que va desde las costillas 6 a 9 hasta la zona del borde medial de la escápula próxima al ángulo inferior.

Función. Es el más importante de los músculos protractores de la escápula, lo que explica el enorme desarrollo que alcanza en los boxeadores. La porción inferior del músculo, en combinación con el trapecio, interviene en la rotación externa de la escápula. Este movimiento acompaña a la elevación del húmero por encima de la horizontal y

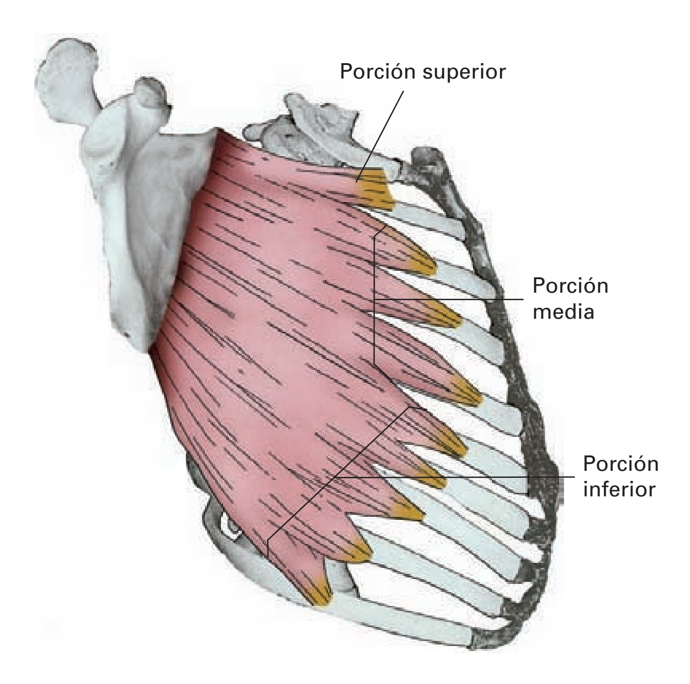


Figura 6-15. Músculo serrato anterior. Visión lateral del tórax con la escápula reclinada hacia atrás.

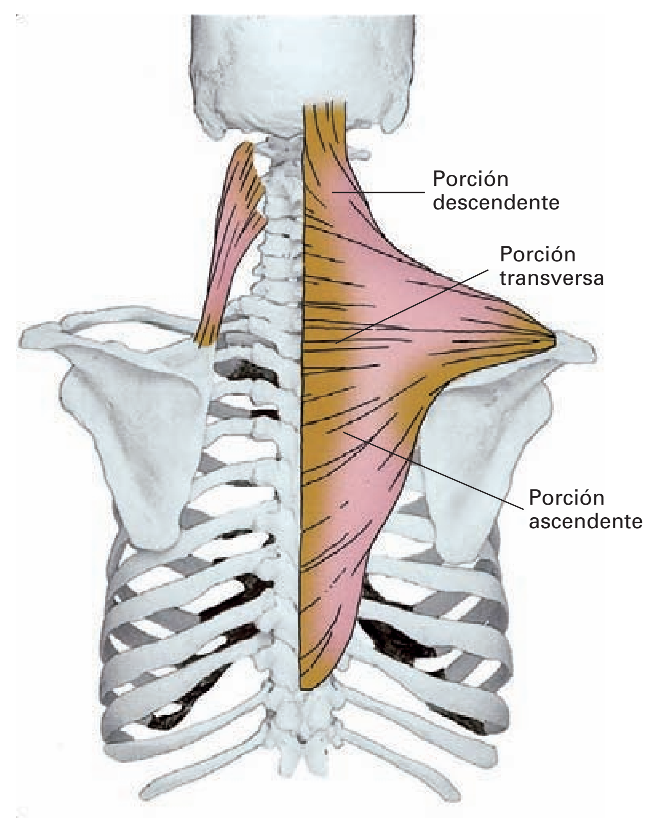


Figura 6-16. Visión posterior de los músculos trapecio (lado derecho) y elevador de la escápula (lado izquierdo).

cuando se paraliza el serrato el húmero no puede separarse más de 90°.

Un aspecto controvertido del serrato anterior es su posible participación como inspirador accesorio. Por la disposición de sus fibras, solamente podría realizar esta función la porción superior del músculo.

Una característica funcional singular del serrato anterior es que sirve de soporte para los deslizamientos de la escápula sobre la pared torácica (*sinsarcosis escapulotorácica*). Para ejercer este efecto, está separado por tejido conjuntivo laxo tanto de la pared torácica como del músculo subescapular que cubre la cara anterior de la escápula.

Finalmente, el serrato anterior desempeña un papel importante al aplicar la escápula sobre la pared torácica.

> En las *parálisis del serrato*, el borde medial de la escápula se separa de la pared torácica tomando el aspecto de un ala (*escápula alada*), que se acompaña de una deficiencia grave de en la movilidad del hombro.

Inervación. Se inerva por el nervio torácico largo que se origina de las raíces C5, C6 y C7 del plexo braquial. Las fibras de C5 van a la porción superior, las de C6 a la porción media,; y las de C7 a la porción inferior del músculo.

Músculo trapecio (Fig. 6-16)

Forma y situación. Es un músculo grande, aplanado y triangular que, junto con el del lado opuesto, dibuja un trapecio en el plano superficial de la región posterior del cuello y del tronco. En los sujetos musculosos, al contraerse, forma un relieve bajo la piel. El borde anterior del músculo limita el triángulo posterior del cuello.

Inserciones y trayecto. Posee una línea de inserción que incluye, de arriba abajo, las siguientes estructuras: el 1/3 más interno de la línea nucal superior y la protuberancia occipital externa del occipital; las apófisis espinosas de las vértebras cervicales y el ligamento cervical posterior; y las apófisis espinosas y ligamentos interespinosos de las vértebras dorsales. Las fibras convergen hacia la cintura escapular formando una potente aponeurosis que termina en una línea curvada de inserción que comprende el 1/3 externo del borde posterior de la clavícula, el borde interno del acromion y el labio superior del borde posterior de la espina de la escápula.

Según la dirección de las fibras, se pueden distinguir tres partes en el músculo: una **porción descendente** que comprende las fibras que van del occipital a la clavícula; una **porción transversa** que comprende las fibras horizontales que van de las vértebras cervicales y primeras torácicas al acromion; y una **porción ascendente** que comprende las fibras que van desde las vértebras dorsales inferiores a la espina de la escápula. La inserción del segmento inferior presenta una potente aponeurosis de forma triangular.

Funciones. El trapecio interviene en la mayor parte de los movimientos de la escápula.

Las fibras superiores del músculo son elevadoras de la escápula y actúan sosteniendo el hombro cuando se somete a cargas mecánicas, por ejemplo, al trasportar un objeto pesado con la mano. Además, cuando estas fibras toman como punto fijo su inserción inferior intervienen en las inclinaciones laterales del cuello, si se contrae únicamente en un lado. Si la contracción es bilateral produce extensiones del cuello.

La porción transversa del músculo es un potente retractor de la escápula y la porción ascendente la desciende.

Cuando se contraen al mismo tiempo la porción superior y la inferior, interviene en la rotación externa de la escápula.

La contractura del músculo puede ser causa de *tortícolis*

Inervación. Se inerva motoramente por el nervio accesorio y sensitivamente por el plexo cervical.

Músculos romboides mayor y menor (Fig. 6-17)

Forma y situación. Forman una lámina muscular romboidea que se extiende entre el borde medial de la escápula y la columna vertebral. Están totalmente ocultos por el músculo trapecio formando parte de la musculatura posterior del tronco.

Inserciones y trayecto. Ambos romboides forman un conjunto que se extiende oblicuamente desde las apófisis espinosas de las vértebras C7a T5 al borde medial de la escápula. Se denomina romboides menor a la porción más alta originada de C7 a T1 y romboides mayor al resto del músculo.

Acción. Los dos músculos actúan conjuntamente en la retracción de la escápula. Cuando se contraen con el elevador de la escápula y el pectoral menor participan en la rotación interna de la escápula.

Otro efecto importante de los músculos romboides es estabilizar la escápula manteniéndola aplicada a la pared torácica.

> La parálisis de estos músculos hace que en reposo el borde medial de la escápula se proyecte hacia el la piel del dorso (*escápula alada estática*).

Inervación. Se inerva por ramas del nervio dorsal de la escápula, que le aporta fibras de C4

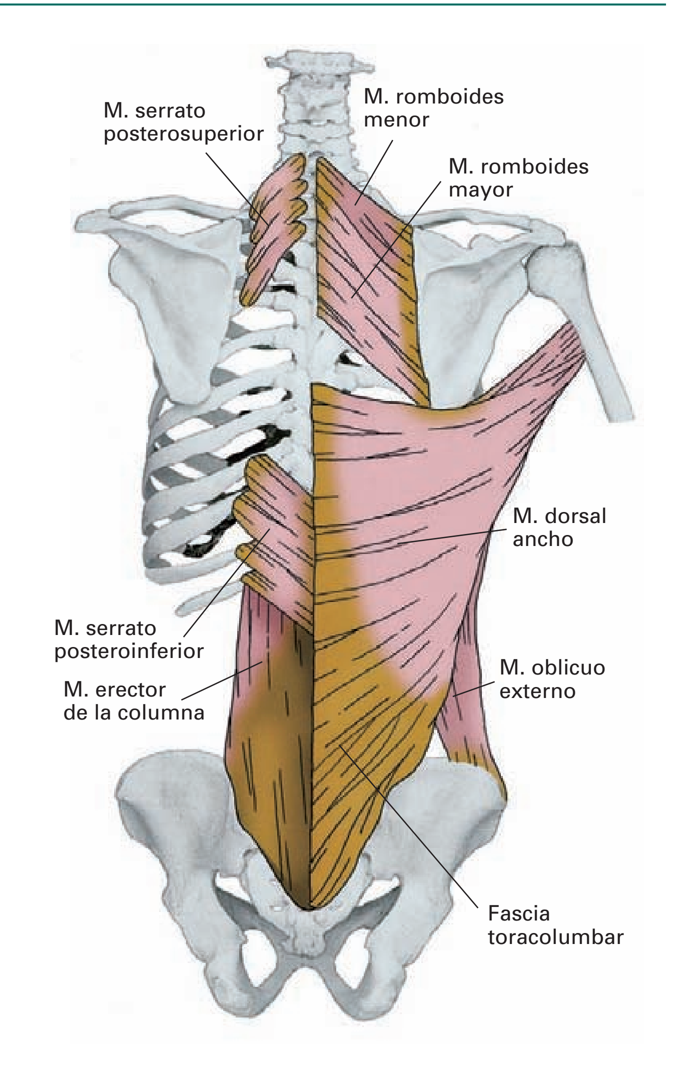


Figura 6-17. Visión posterior del tronco. En el lado derecho se han representado los músculos dorsal ancho y romboides mayor y menor (este último visible al eliminar el trapecio). En el lado izquierdo se representa el plano subyacente de los músculos serratos posteriores.

Elevador de la escápula (*angular del omoplato*, Fig. 6-16)

Forma y situación. Es un músculo alargado y aplanado perteneciente a la región posterior del cuello que discurre por detrás de los músculos escalenos y lateral a los esplenios, oculto bajo el esternocleidomastoideo y el trapecio.

Inserciones y trayecto. Se origina del tubérculo posterior de las apófisis transversas de las tres o cuatro primeras vértebras cervicales y termina en el ángulo superointerno de la escápula.

Acción. Interviene junto a la porción superior del trapecio en la elevación de la escápula. También actuando con el trapecio, y tomando como punto fijo la inserción escapular, produce una extensión del cuello si se contrae bilateralmente, y una inclinación lateral si se contrae unilateralmente. Cuando se contrae junto con el romboides y el pectoral menor, interviene en la rotación interna de la escápula.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio dorsal de la escápula, que le aporta fibras de C5.

Dorsal ancho (Fig. 6-17)

Forma y situación. Es un músculo de forma triangular, aplanado y delgado, situado superficialmente en la parte baja del dorso del tronco. La parte superior del músculo está tapada por el trapecio.

Inserciones y trayecto. Su inserción de origen comprende: 1) la **fascia toracolumbar**, a través de la cual alcanza las apófisis espinosas y los ligamentos supraespinosos de las 6 últimas vértebras dorsales, las 5 lumbares, y la cresta sacra media; 2) la parte posterior de la cresta iliaca; 3) la cara externa de las 4 últimas costillas, interdigitándose con las inserciones del músculo oblicuo externo del abdomen; y 4) una inserción inconstante en el ángulo inferior de la escápula.

Las fibras convergen hacia arriba y hacia fuera en dirección a la porción superior del húmero. Cuando se aproxima a la escápula contornea el borde inferior del redondo mayor para colocarse por delante de él. En este nivel las fibras musculares se continúan por una lámina tendinosa que se torsiona de modo que su borde inferior se hace superior y viceversa y va a insertarse al fondo de surco intertuberositario del húmero, donde presenta asociada una bolsa sinovial.

Acción. El músculo es un potente extensor del brazo a partir de posiciones de flexión y participa también en la aproximación y rotación interna del húmero. Interviene junto al pectoral mayor en movimientos como trepar por una cuerda, remar o nadar.

Por sus inserciones en las costillas participa en las espiraciones violentas durante la tos y en el estornudo.

> En los sujetos con parálisis de los músculos de la extremidad inferior, el dorsal ancho puede utilizarse para desarrollar un cierto movimiento con la ayuda de muletas, ya que al contraerse alternativamente tomando como punto de apoyo el hombro produce un balanceo de la pelvis.

Inervación. Se inerva por el nervio toracodorsal, que le aporta fibras de C6, C7 y C8.

MÚSCULOS PERIARTICULARES DEL HOMBRO

Este grupo muscular se dispone en torno a la articulación escapulohumeral, a la cual mueve. Todos los músculos de este grupo se originan en la escápula y terminan en el húmero. Comprende los siguientes músculos: subescapular, deltoides, supraespinoso, infraespinoso, redondo mayor y redondo menor. Topográficamente, la mayoría de estos músculos forman parte de las paredes de la axila.

Músculo subescapular (Fig. 6-18)

Forma y situación. Es un músculo multipeniforme, grueso y de forma triangular que se adapta a la cara anterior de la escápula formando la mayor parte de la pared posterior de la axila.

Inserciones y trayecto. Se origina en la fosa subescapular y sus fibras convergen en dirección al ángulo lateral de la escápula para formar un grueso tendón que cubre la cara anterior de la articulación escapulohumeral y se inserta en la tuberosidad menor del húmero.

Posee dos bolsas sinoviales para facilitar el deslizamiento de sus fibras. La **bolsa subcoracoidea** separa el borde superior del músculo de la apófisis coracoides. La **bolsa del subescapular** se interpone entre la articulación escapulohumeral y el tendón del subescapular (véase Articulación del hombro).

Acción. Es un potente rotador interno del húmero y participa también en la aproximación del brazo.

Desempeña junto con el supraespinoso, el infraespinoso y el redondo menor una importante función como estabilizador del hombro especialmente durante el movimiento (ver Articulación del hombro)

Inervación. Se inerva por los nervios subescapulares superior e inferior, que le aportan fibras procedentes de C5, C6 y C7.

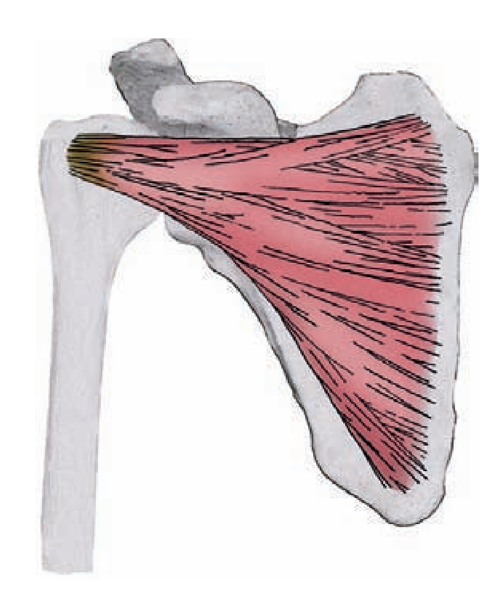


Figura 6-18. Músculo subescapular, visión anterior.

Músculo supraespinoso (Fig. 6-19)

Forma y situación. Es un músculo grueso y corto que se aloja en la fosa supraespinosa.

Inserciones y trayecto. Se origina es la superficie de la fosa supraespinosa y sus fibras convergen en dirección a la articulación escapulohumeral para formar un potente tendón que se inserta en la faceta superior de la tuberosidad mayor del húmero.

El tendón discurre por encima de la articulación escapulohumeral pasando bajo el arco acromiocoracoideo (véase Fig. 6-23), que lo separa de la cara profunda del deltoides. En este trayecto se encuentra íntimamente adherido a la cápsula fibrosa de la articulación y se separa del arco acromiocoracoideo y del deltoides por la **bolsa subacromial**.

> Las inflamaciones de la bolsa subacromial dan lugar al síndrome del *hombro doloroso*, que causa primero irritación y contractura del músculo y posteriormente degeneración del tendón del supraespinoso (véase Articulación del hombro).

Acción. Es un músculo importante en la separación del húmero. Actúa como fuerza motora al principio del movimiento y, posteriormente, cuando interviene el deltoides participa como estabilizador de la articulación sujetando la cabeza del húmero en la cavidad glenoidea.

> Los enfermos con parálisis del músculo suelen suplir su efecto en la iniciación del movimiento empujando el brazo con un golpe de cadera o inclinándose hacia el lado enfermo para que el deltoides consiga el momento de fuerza adecuado.

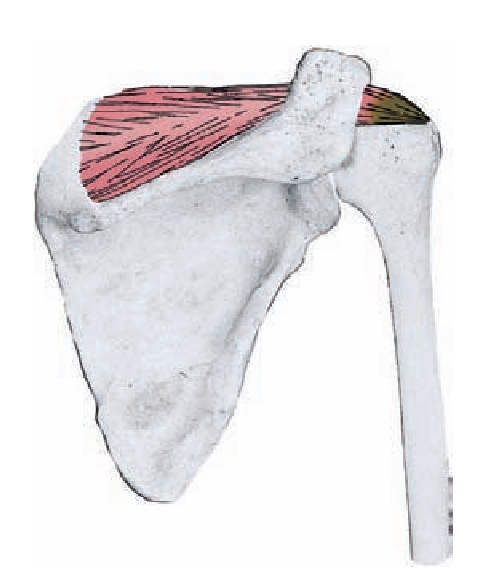


Figura 6-19. Músculo supraespinoso, visión posterior.

Inervación. Se inerva por el nervio supraescapular, que le aporta fibras procedentes de C5 y C6.

Músculo infraespinoso (Fig. 6-20)

Forma y situación. Es un músculo de forma triangular situado en la fosa infraespinosa de la escápula. Por arriba, la espina de la escápula lo separa del músculo supraespinoso. Por debajo de este músculo se disponen el redondo menor y el redondo mayor. Está tapado en su parte superior por el trapecio. En la parte inferior es superficial.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la fosa infraespinosa y las fibras convergen hacia un tendón que discurre por detrás de la articulación, adherido a la cápsula fibrosa, para insertarse en la faceta media de la tuberosidad mayor del húmero. Con frecuencia está separado por una bolsa sinovial del cuello de la escápula.

Acción. Es un rotador externo del húmero y un estabilizador de la articulación del hombro. Participa, junto con el redondo menor, en la última etapa de la separación del húmero produciendo una rotación externa para evitar que la tuberosidad mayor del húmero choque con el acromion.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio supraescapular que le aporta fibra procedentes de C5 y C6.

Músculo redondo menor (Fig. 6-20)

Forma y situación. Es un músculo alargado y aplanado situado inmediatamente por debajo del infraespinoso y por encima del redondo mayor.

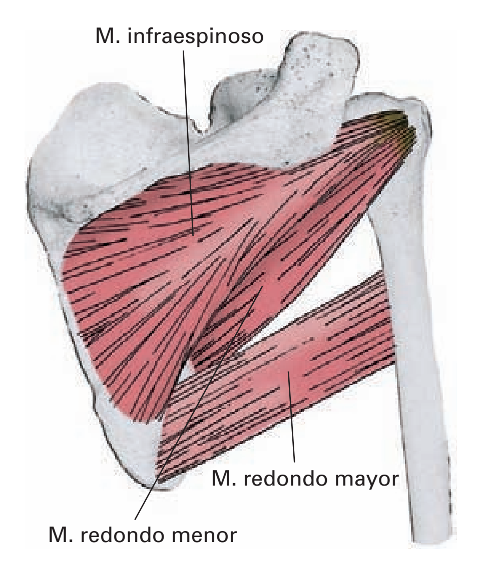


Figura 6-20. Visión posterior de los músculos infraespinoso, redondo menor y redondo mayor.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la parte externa de la fosa supraespinosa de la escápula por debajo y por fuera del infraespinoso. Se dirige hacia arriba y hacia fuera tapizando por detrás la articulación escapulohumeral, para insertarse luego en la faceta inferior de la tuberosidad mayor del húmero.

Acción. Es un rotador externo del húmero, con funciones similares a las del infraespinoso.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio axilar, que le aportan fibras de C5 y C6.

Músculo redondo mayor (Fig. 6-20)

Forma y situación. Es un músculo alargado, aplanado y grueso, que se dispone por debajo del redondo menor.

Inserciones y trayecto. Se origina de la parte inferoexterna de la fosa infraespinosa en las proximidades del ángulo inferior de la escápula y se dirige hacia arriba y hacia fuera para continuarse con un tendón aplanado que se inserta en el labio interno del surco intertuberositario del húmero.

En su trayecto final está rodeado por la terminación del dorsal ancho y a nivel de la inserción posee una bolsa sinovial que se interpone entre las inserciones de ambos músculos (véase Dorsal ancho).

Entre el borde inferior del músculo redondo menor y el borde superior del redondo mayor se establece un espacio triangular cuya base está formada por el húmero, el **espacio triangular escapulohumeral** (*triángulo de los redondos*). Por este espacio camina el tendón de la porción larga del tríceps dividiéndole en un **espacio triangular** (*triángulo omotricipital*) y un **espacio cuadrangular** (*cuadrilátero humerotricipital*).

Acción. Es un aproximador y rotador interno del húmero. Participa también como extensor del húmero partiendo de posiciones de flexión.

Inervación. Se inerva por el nervio toracodorsal, que le aporta fibras de C6 y C7.

Deltoides[13] (Fig. 6-21 y 6-22)

Forma y situación. Es un músculo grueso y voluminoso con forma de semicono de vértice inferior que forma el relieve del hombro.

[13] Por su similitud con la letra griega delta.

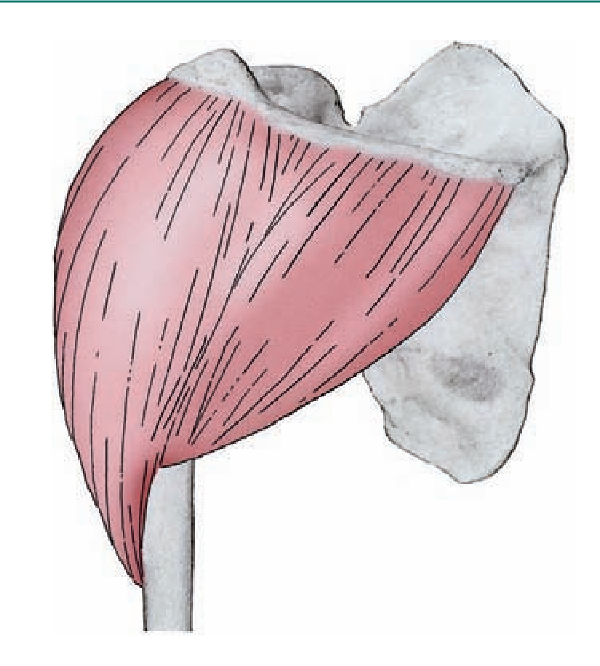


Figura 6-21. Músculo deltoides, visión posterior.

Inserciones y trayecto. Tiene un amplio origen que dibuja una línea cóncava siguiendo el 1/3 externo del borde anterior de la clavícula, el vértice y borde externo del acromion y el labio inferior del borde posterior de la espina de la escápula. Las fibras descienden para insertarse en la tube-

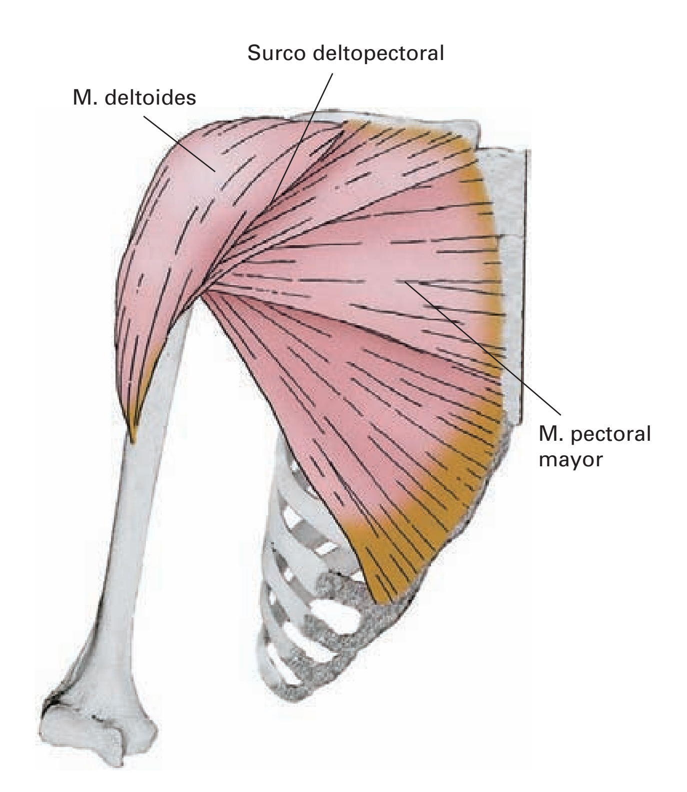


Figura 6-22. Visión anterior de los músculos deltoides y pectoral mayor.

rosidad deltoidea del húmero y según su oblicuidad se pueden distinguir tres partes en el músculo: **porción clavicular** con fibras oblicuas hacia atrás; **porción acromial** con fibras verticales; y **porción espinal** con fibras oblicuas hacia delante.

El músculo se separa de la articulación del hombro y del tendón del supraespinoso por la **bolsa subacromial**.

El borde anterior del músculo deltoides delimita con el pectoral mayor el **surco deltopectoral**, por donde camina la vena cefálica.

Acción. El deltoides, y especialmente la porción acromial, es el más importante separador del húmero.

La porción clavicular ejerce una potente acción flexora y rotadora interna sobre el húmero. De igual modo, la porción espinal es extensora y rotadora externa del húmero y participa como sinergista en la aproximación del húmero para neutralizar la acción rotadora interna del pectoral mayor y el dorsal ancho.

> La parálisis del deltoides produce una alteración grave de la funcionalidad de la extremidad superior y se acompaña de un aplanamiento del hombro, en el que hace relieve el acromion.

Inervación. Se inerva por el nervio axilar, que le aporta fibras de C5 y C6.

Fascias del hombro

El hombro es la zona de la unión entre la extremidad superior y el tronco, y consta de diferentes regiones anatómicas. En la zona superior se disponen la región deltoidea, formada por el relieve del músculo deltoides cubierto por la **fascia deltoidea**. En el plano posterior se sitúa la región escapular, que contiene los músculos supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y redondo mayor aplicados a la superficie dorsal de la escápula por fascias que llevan el mismo nombre que los músculos. Finalmente, entre la pared costal y los componentes musculoesqueléticos del hombro se establece la **fosa axilar**, por donde penetran, procedentes de la base del cuello, los elementos vasculonerviosos de la extremidad.

Axila

La fosa axilar tiene forma de pirámide cuadrangular con un vértice, una base y cuatro paredes. El vértice es superior y se dispone por delante del borde superior de la escápula, por detrás de la clavícula y por fuera de la primera costilla. La base se proyecta sobre la piel del hueco axilar y está formada por la **fascia axilar**, que se extiende entre las fascias que revisten los músculos de las cuatro paredes de la axila.

La pared anterior está formada por dos planos, el superficial, constituido por el músculo pectoral mayor envuelto en la fascia del pectoral mayor, y el profundo, formado por el subclavio y el músculo pectoral menor envueltos por la fascia clavipectoral. La **fascia pectoral** recubre el músculo pectoral mayor y se continúa medialmente con la fascia de la pared abdominal anterior. Por su margen superior se une a la clavícula y por su extremo lateral se engruesa para contribuir a formar la fascia axilar, que forma el suelo de la axila. La **fascia clavipectoral** se dispone profundamente al pectoral mayor. Por arriba recubre el músculo subclavio insertándose en la cara inferior de la clavícula. Desde el subclavio salta en busca del pectoral menor, al que envuelve. Finalmente, desde el borde inferior del pectoral menor se dirige hacia abajo y atrás. El componente más posterior de sus fibras se une a la fascia del pectoral mayor para formar la fascia axilar. Las fibras más anteriores atraviesan hacia la dermis formando el **ligamento suspensorio** de la axila, que es responsable de mantener la concavidad de la piel en el hueco axilar (sobaco).

La pared medial de la axila se forma por el músculo serrato anterior recubierto por una aponeurosis propia. La fascia axilar por su margen interno se adosa, pero no se fusiona, a la aponeurosis del serrato anterior.

La pared posterior de la axila está formada en su sector medial por el músculo subescapular que se aplica a la fosa subescapular de la escápula mediante una fina **fascia subescapular**. Por fuera del margen anterior de la escápula, la pared posterior está constituida por el músculo redondo mayor y el tendón de inserción del dorsal ancho. Ambos componentes están revestidos de sus aponeurosis, a las que también se suelda la fascia axilar.

La pared externa está formada por el húmero y por los vientres musculares del coracobraquial y la porción corta del bíceps aplicados en su superficie. La fascia axilar se une por su borde lateral a las fascias de estos músculos, pero hacia el plano posterior forma un arco fibroso, el **arco axilar**, que se extiende hasta el borde lateral de la escápula rodeando los vasos axilares.

MÚSCULOS Y FASCIAS DEL BRAZO

En el brazo, los músculos se disponen alrededor del húmero profundamente con respecto a la **fascia del brazo**. Esta fascia forma un manguito por debajo del tejido celular subcutáneo y emite dos tabiques hacia el húmero, los **tabiques intermusculares medial** y **lateral** (véase Topografía del brazo), de modo que los músculos del brazo quedan divididos en dos **compartimentos**, el **braquial anterior**, ocupado por los músculos flexores (**compartimento flexor**), y el **braquial posterior**, ocupado por los músculos extensores (**compartimento extensor**).

El compartimento flexor incluye los músculos bíceps braquial, braquial y coracobraquial. El compartimento ex-

tensor está ocupado por las diferentes cabezas del músculo **tríceps braquial**.

Músculo coracobraquial (Fig. 6-23)

Forma y situación. Es un músculo alargado y aplanado que contribuye a la formación de la pared externa de la axila.

Inserciones y trayecto. Se origina en el vértice de la apófisis coracoides por un tendón común con el de la porción corta del bíceps. Las fibras se dirigen hacia afuera y abajo, profundas con respecto al pectoral mayor y superficiales con respecto al subescapular y a los tendones del redondo mayor y dorsal ancho. Termina en una rugosidad situada en la cara anterointerna de la zona media de la diáfisis humeral, por delante de la inserción del tabique intermuscular interno.

Acción. Es un músculo aproximador del brazo y puede intervenir, junto con el deltoides y el pectoral mayor, en la flexión del brazo.

Inervación. Se inerva por el nervio musculocutáneo, que le aporta fibras de C6 y C7.

Músculo braquial (Fig. 6-24)

Forma y situación. Es un músculo aplanado, ancho y grueso que se dispone sobre la superficie anterior de la diáfisis humeral cubierto por el bíceps braquial.

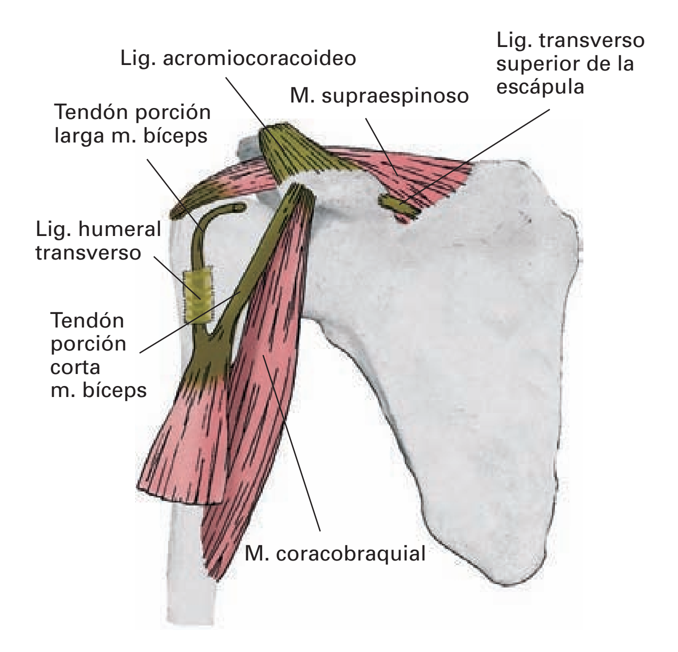


Figura 6-23. Músculos coracobraquial y supraespinoso, visión anterior. Se representan los tendones de origen del músculo bíceps braquial.

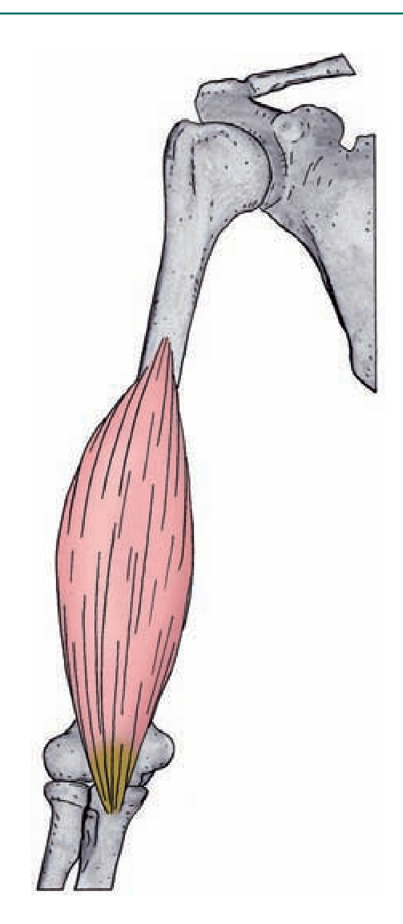


Figura 6-24. Músculo braquial, visión anterior.

Inserciones y trayecto. Se origina en la superficie anterior de la mitad distal de la diáfisis humeral, tanto en la cara anterolateral como en la anteromedial, e incluso en los tabiques intermusculares de la fascia del brazo. Las fibras musculares convergen hacia abajo discurriendo por delante de la articulación del codo, a cuyo nivel se continúan con un potente tendón que se inserta en la vertiente inferior de la apófisis coronoides del cúbito. Algunas de sus fibras más profundas se insertan en la cápsula fibrosa del codo y la tensan para evitar que quede pinzada durante la flexión.

Acción. Es el motor primario de la flexión del codo. Dada su inserción en la parte proximal del cúbito, al contraerse en el curso de la flexión posee un potente efecto de balanceo del antebrazo sobre el brazo, pero ejerce muy poca fuerza a través de la articulación. A este tipo de acción muscular se le denomina *músculo balanceador* o *spurt* (véase generalidades sobre los músculos) y su acción se complementa por la participación del músculo braquiorradial como *músculo estabilizador* o *shunt*, que evita el efecto desestabilizador del braquial sobre la articulación del codo.

Inervación. Se inerva por el nervio musculocutáneo que le aporta fibras de C5 y C6.

Osteoma del braquial anterior

Los desgarros de las fibras del braquial que suelen acompañar a los traumatismos del codo puede inducir, en el curso de su cicatrización, la formación de una zona de osificación que ocasiona considerables limitaciones de la fuerza flexora del braquial.

Músculo bíceps braquial (Figs. 6-23 y 6-25)

Forma y situación. Es un músculo alargado y fusiforme que se dispone por delante del braquial y coracobraquial. En su parte superior está dividido en dos porciones, una interna y otra externa, que reciben el nombre de **cabeza corta**, la interna y **cabeza larga**, la externa.

Inserciones y trayecto. La cabeza corta se origina en el vértice de la apófisis coracoides por un tendón común con el del coracobraquial. La cabeza larga arranca por un largo tendón cilíndrico que se inserta la tuberosidad supraglenoidea de la escápula y en la zona próxima del rodete glenoideo de la articulación escapulohumeral.

La porción corta forma un vientre muscular que desciende hacia fuera y hacia abajo tapando el músculo coracobraquial.

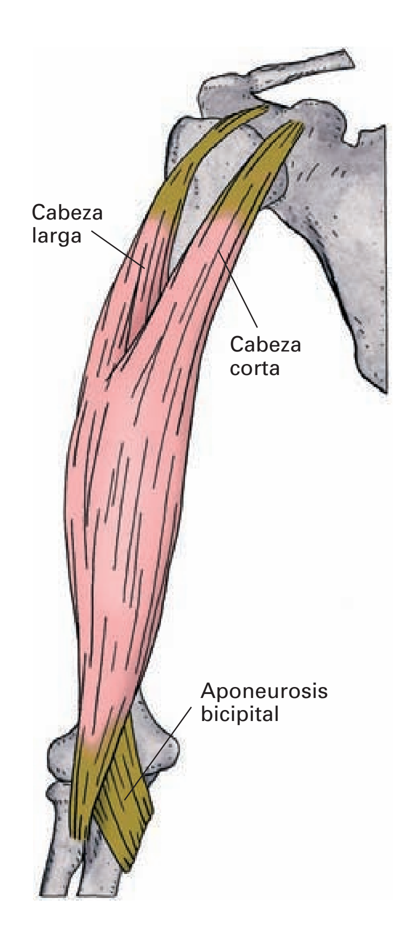


Figura 6-25. Músculo bíceps braquial, visión anterior.

El tendón de origen de la cabeza larga sigue primero por el interior de la articulación del hombro, cubierto por un pliegue de la membrana sinovial, o rodeado de una envoltura sinovial propia (véase Articulación escapulohumeral), y emerge del interior de la articulación por el surco intertubercular del húmero por donde discurre, incluido en una envoltura sinovial y tapado por el ligamento humeral transverso y por el tendón de inserción del pectoral mayor. Cuando sobrepasa el surco intertuberositario, se continúa con un vientre fusiforme que se suelda, a nivel de la porción media del brazo, con la cabeza corta.

El vientre resultante de la fusión de las dos cabezas es fusiforme y desciende bajo la piel para continuarse a nivel del codo con un tendón aplanado que se incurva hacia fuera antes de insertarse en tuberosidad del radio (tuberosidad bicipital). Además, el tendón emite una expansión, la **aponeurosis del bíceps braquial** (*lacertus fibrosus*), que se suelda con la fascia antebraquial en la zona en que ésta recubre los músculos originados en el epicóndilo medial.

El tendón del bíceps divide la **región anterior del codo** (**fosa cubital**) en un **surco bicipital lateral** (*canal bicipital externo*) delimitado entre el tendón y los músculos epicondíleos externos y un **surco bicipital medial** (*canal bicipital interno*) entre el tendón y los músculos originados del epicóndilo interno (Fig. 6-26). La expansión aponeurótica del bíceps recubre el surco bicipital medial.

Acción. El bíceps braquial es un potente flexor y supinador del antebrazo. Su máxima potencia tanto en la flexión como en la supinación tiene lugar con el codo en flexión de 90°. En posición de máxima extensión se pierde la acción supinadora.

La cabeza larga del bíceps desempeña también un papel importante como estabilizadora de la articulación escapulohumeral y, en casos de parálisis del deltoides, puede reeducarse para suplir la acción separadora del deltoides en esta articulación.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio musculocutáneo, que le aporta fibras procedentes de C5 y C6.

Reflejo bicipital

El tendón del bíceps se puede palpar fácilmente con el codo flexionado unos 20°. Con el dedo sobre el tendón y utilizando un martillo de percusión se explora el reflejo bicipital. La contracción muscular provocada por la percusión se aprecia por el dedo en contacto con el tendón, pero puede también observarse la contractura del vientre muscular bajo la piel del brazo.

Músculo tríceps braquial (Fig. 6-27)

Forma y situación. Es un potente músculo que ocupa la celda posterior del brazo y que en su origen presenta tres

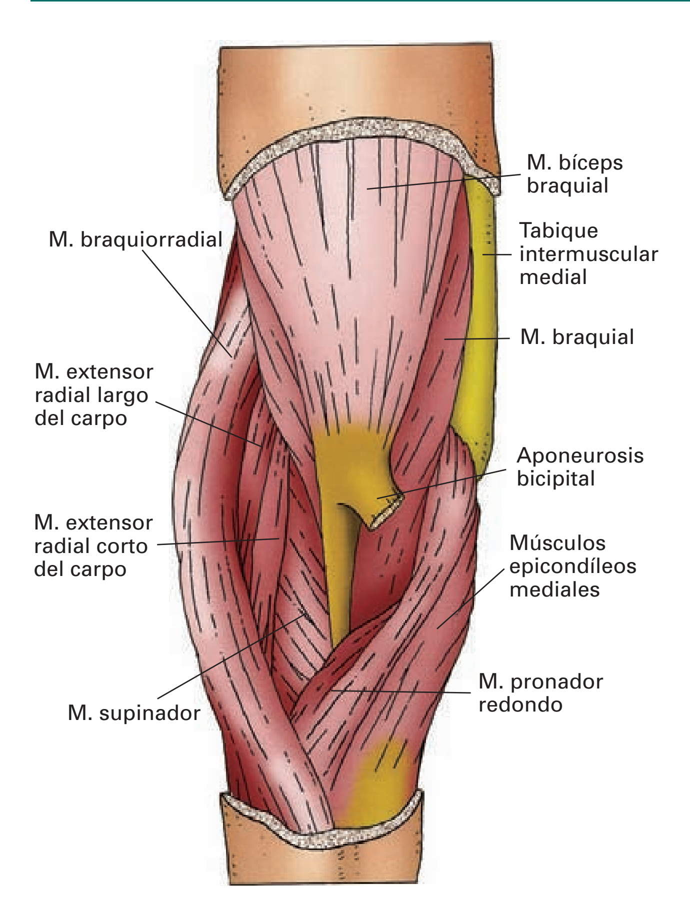


Figura 6-26. Visión anterior de los surcos bicipitales de la fosa cubital. Se ha seccionado la expansión aponeurótica del bíceps.

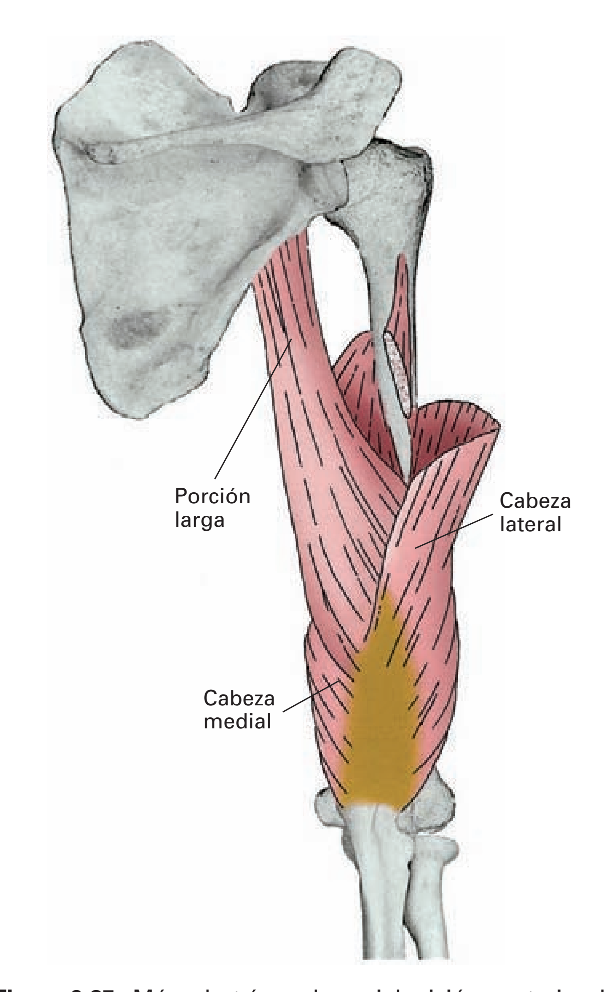


Figura 6-27. Músculo tríceps braquial, visión posterior. La cabeza lateral se ha seccionado y reclinado para observar el origen de la cabeza medial y el canal radial del húmero.

cabezas independientes, la **cabeza larga**, la **cabeza lateral** (*vasto externo*) y la **cabeza medial** (*vasto interno*), que se fusionan en un vientre único que termina sobre el cúbito.

Inserciones y trayecto. La cabeza larga se origina en la tuberosidad subglenoidea de la escápula y en la zona próxima del rodete glenoideo de la articulación escapulohumeral. y desciende atravesando el **espacio triangular escapulohumeral** (véase Músculo redondo mayor) en busca de las otras cabezas del músculo. La cabeza lateral se origina en la cara posterior de la diáfisis humeral en la región situada por encima y por fuera del surco radial. La cabeza medial se origina también es la cara posterior de la diáfisis humeral en la región situada por debajo y por dentro del surco radial. La inserción de este vientre se extiende además hacia la cara posterior de los tabiques intermusculares de la aponeurosis braquial.

Las fibras musculares de las diferentes cabezas se unen en un vientre muscular que confluye en una potente lámina tendinosa que se inserta en la cara superior del olécranon. Un componente importante de las fibras de la cabeza medial se inserta directamente en los bordes del olécranon. Además, algunas fibras profundas de este vientre (*músculo subancóneo*) se insertan en la cápsula articular del codo tensándola para evitar que quede pinzada en los movimientos de extensión.

El tendón del tríceps presenta asociadas una serie de bolsas serosas periarticulares del codo. De ellas, la de mayor interés clínico es la **bolsa subcutánea olecraneana**, que se dispone en el tejido celular subcutáneo y facilita el deslizamiento del tendón. Además, en el espesor de la lámina tendinosa puede aparecer un **bolsa serosa olecraneana intratendinosa** y profundamente al tendón una **bolsa serosa olecraneana subtendinosa** dispuesta entre el olécranon y el tendón.

El surco radial del húmero, al estar cubierto por las fibras de la cabeza lateral del tríceps, se transforma en un conducto osteomuscular por el que caminan el nervio radial y los vasos braquiales profundos.

Acción. Es un potente extensor del codo que actúa cuando el movimiento se realiza de forma rápida (golpe de karateka) o cuando no puede realizarse por la gravedad. Cuando la resistencia que tiene que vencer es pequeña, se activa la cabeza medial. En situaciones de mayor resisten-

cia se incorpora la cabeza lateral y en las condiciones de máxima resistencia participa la cabeza larga.

La cabeza larga es, además, estabilizadora de la articulación escapulohumeral y participa en la aproximación del brazo y en la flexión cuando se parte desde posiciones de extensión.

Inervación. Recibe ramas del nervio radial. Las fibras de la cabeza lateral proceden de C6, C7 y C8, mientras que las de la cabeza larga y las de la medial proceden solamente de C7 y C8.

Codo de estudiante

La bolsa subcutánea del olécranon puede irritarse y dilatarse (*bursitis*) como consecuencia de fricciones o traumatismos aplicados de forma continua sobre el codo (p. ej., al estudiar con los codos aplicados sobre la mesa). A este cuadro clínico de bursitis del codo se le denomina con frecuencia *codo de estudiante* o *codo de minero*.

MÚSCULOS Y FASCIAS DEL ANTEBRAZO

Al igual que en el brazo, los músculos del antebrazo están aislados de la dermis por una fascia. La **fascia del antebrazo** forma un cilindro que se continúa por arriba con la fascia del brazo y por debajo se suelda a los retináculos flexor y extensor del carpo (véase más adelante). En el plano dorsal está íntimamente unida al borde posterior del cúbito. En las proximidades del codo, la fascia está reforzada por expansiones fibrosas que emiten los tendones del bíceps y del braquial y da inserción en su cara profunda a numerosas fibras de los músculos que se originan en los epicóndilos.

De la cara profunda de la fascia del antebrazo parten láminas fibrosas que envuelven a los diferentes músculos del antebrazo. Además, emite dos expansiones: una lateral hacia el borde posterior del radio y otra medial hacia el borde posterior del cúbito que contribuyen, junto con los huesos y la membrana interósea, a dividir el antebrazo en dos **compartimentos**, el **anterior** (**compartimento flexor**) y el **posterior** (**compartimento extensor**). En este último se distingue, además, una **porción lateral** (**porción radial**).

Compartimento flexor

Los músculos de este grupo se disponen en cuatro planos por delante del cúbito y radio y de la membrana interósea. El plano más profundo está ocupado por el músculo pronador cuadrado; a continuación se dispone el plano del flexor profundo de los dedos y del flexor largo del pulgar. El siguiente plano está ocupado por el flexor superficial de los dedos y, por último, el plano superficial está configurado por el pronador redondo, el flexor radial del carpo el palmar largo y el flexor cubital del carpo, que tienen un origen común en el epicóndilo interno.

Músculo pronador cuadrado (Fig. 6-28)

Forma y situación. Es el músculo más profundo del compartimento anterior del antebrazo. Tiene forma de lámina cuadrilátera aplicado sobre la superficie anterior de la parte inferior del cúbito y radio.

Inserciones y trayecto. Está formado por fibras transversales que se extienden entre el cuarto distal de las caras y los bordes anteriores del radio y del cúbito.

Acción. Es un potente pronador del antebrazo que interviene desde el inicio del movimiento.

Inervación. Se inerva por la rama interósea anterior del nervio mediano, que le aporta fibras de C8 y T1.

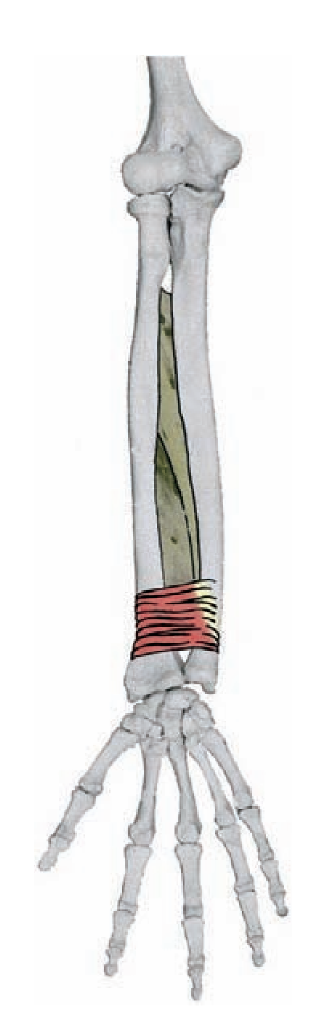


Figura 6-28. Músculo pronador cuadrado y membrana interósea, visión anterior.

Músculo flexor profundo de los dedos (Fig. 6-29)

Forma y situación. Es un músculo voluminoso en forma de lámina extendida a lo largo de la porción medial de la celda anterior del antebrazo por debajo del flexor superficial y cubriendo el pronador cuadrado. En las proximidades de la muñeca se divide en cuatro fascículos formados por tendones cilíndricos que van en busca de los últimos cuatro dedos.

Inserciones y trayecto. Posee una amplia zona de inserción en el antebrazo que comprende los 3/4 superiores de las caras anterior e interna de la diáfisis del cúbito, la apófisis coronoides y la membrana interósea.

Las fibras musculares se dirigen hacia abajo formando una lámina muscular que en las proximidades del pronador cuadrado se divide en cuatro fascículos que se prolongan por largos tendones cilíndricos. Estos tendones, después de atravesar el túnel carpiano, se dirigen a los cuatro últimos dedos. En los dedos caminan por delante de las falanges, profundos con respecto al tendón del flexor superficial. A nivel de la falange proximal de cada dedo, el tendón del flexor profundo (*flexor perforante*) atraviesa el tendón del flexor superficial (*flexor perforado*) y alcanza la cara anterior de la base de la falange distal, donde se inserta.

A lo largo del trayecto en los dedos, los tendones flexores discurren envueltos por una vaina sinovial en el interior de un túnel osteofibroso. El túnel osteofibroso , que se forma por las falanges y por un canal fibroso asociado a ellas, cumple la función de mantener aplicados los tendones al eje de los dedos durante la contracción del músculo.

En la mano, los tendones del flexor profundo dan origen a los **músculos lumbricales** (véase Músculos de la mano).

Acción. Es un flexor de la falange distal de los cuatro últimos dedos. Debido a la gran cantidad de articulaciones que cruza en su trayecto, también colabora en la flexión de la muñeca y en la flexión de las falanges proximal y media.

Inervación. La mitad lateral del músculo que da lugar a los tendones del índice y dedo medio recibe ramos del nervio interóseo anterior del mediano, que le aporta fibras de C7, C8, y T1. La porción medial del músculo correspondiente a los tendones de anular y meñique se inerva por el cubital, que le aporta fibras de C8 y T1.

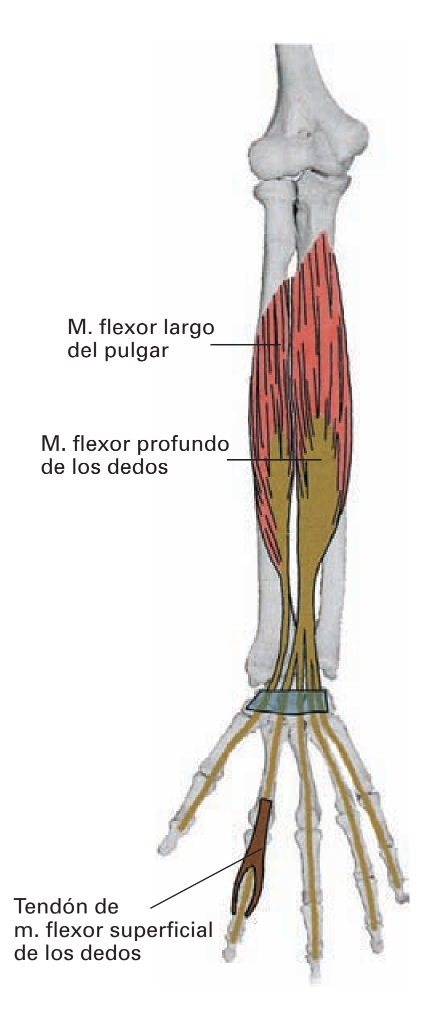


Figura 6-29. Músculos flexor profundo de los dedos y flexor largo del pulgar, visión anterior.

Músculo flexor largo del pulgar (Fig. 6-29)

Forma y situación. Es un músculo largo y voluminoso que se dispone lateral con respecto al flexor profundo de los dedos. De su vientre muscular parte un único tendón que va al dedo pulgar.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la superficie anterior de la diáfisis del radio, desde la tuberosidad radial hasta la inserción del pronador cuadrado, y en la membrana interósea.

El vientre muscular se continúa en la muñeca con un tendón cilíndrico que atraviesa la parte externa del túnel carpiano y se dirige al dedo pulgar insertándose en la base de la falange distal. El tendón posee una vaina sinovial propia y camina en el interior del túnel osteofibroso del pulgar.

Acción. Es un flexor de la falange distal del pulgar que desempeña un papel importante en el establecimiento de pinzas de precisión entre el pulgar y otros dedos (habitualmente, el índice). Adicionalmente, puede participar en la flexión de la muñeca y de la articulación metacarpofalángica del pulgar.

Inervación. Se inerva por el nervio interóseo anterior del mediano, que le aporta fibras de C8 y T1.

Músculo flexor superficial de los dedos (Fig. 6-30)

Forma y situación. Es un potente músculo de forma aplanada que se dispone por delante del flexor largo del pulgar y del flexor profundo de los dedos. Al igual que el flexor profundo, se divide en cuatro fascículos seguidos de largos tendones destinados a los cuatro últimos dedos.

Inserciones y trayecto. Se origina por dos cabezas, una **húmero-cubital** que se inserta en el epicóndilo medial, en el ligamento colateral cubital del codo y en la apófisis coronoides, y otra **radial** que parte de los 2/3 superiores del borde anterior del radio. Las dos cabezas están unidas formando un arco fibromuscular por debajo del cual discurren el nervio mediano y la arteria cubital.

El vientre muscular se divide en la parte media del antebrazo en cuatro fascículos que se continúan con tendones dispuestos en dos planos. En el plano superficial se sitúan los tendones correspondientes al dedo índice y meñique y en el profundo los del anular y medio. Los tendones atraviesan el túnel carpiano (Fig. 6-83B) y una vez en la mano, van en busca del dedo correspondiente. Cuando alcanzan el nivel de la articulación metacarpofalángica, cada tendón se divide en dos haces que delimitan una abertura (tendón perforado) por donde cursa el tendón del flexor profundo de los dedos (tendón perforante). Después de ser atravesados por el tendón del flexor profundo, los dos haces se unen parcialmente por fibras tendinosas que se cruzan de un lado al otro (quiasma tendinoso), pero finalmente se separan de nuevo para alcanzar los bordes laterales de la base de la falange media de los dedos.

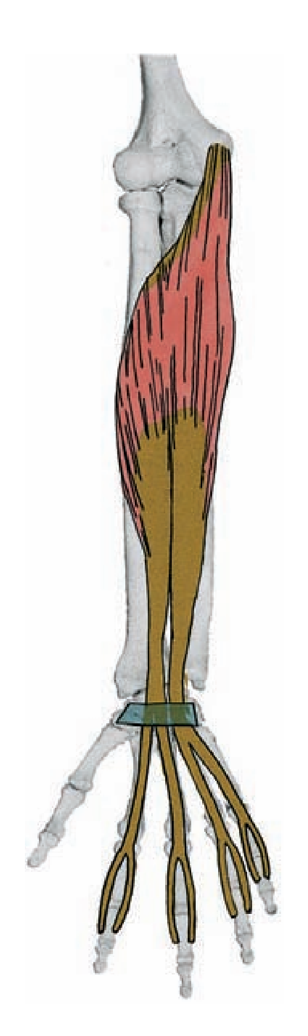


Figura 6-30. Músculo flexor superficial de los dedos, visión anterior.

Acción. Su acción primaria es la flexión de las falanges proximal y media, pero también puede participar en la flexión de la muñeca.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio mediano, que le aporta fibras de C7, C8, y T1.

Vínculos tendinosos

Tanto los tendones del flexor profundo, como los del flexor superficial de los dedos, poseen a lo largo de su trayecto algunos haces fibroelásticos que se unen a la cara anterior de las falanges y de las articulaciones interfalángicas. Estos haces fibrosos permiten el paso de vasos sanguíneos hacia el tendón y reciben el nombre de vínculos tendinosos.

Músculo pronador redondo (Fig. 6-31)

Forma y situación. Es un músculo grueso dispuesto oblicuamente entre el epicóndilo medial y la parte media del

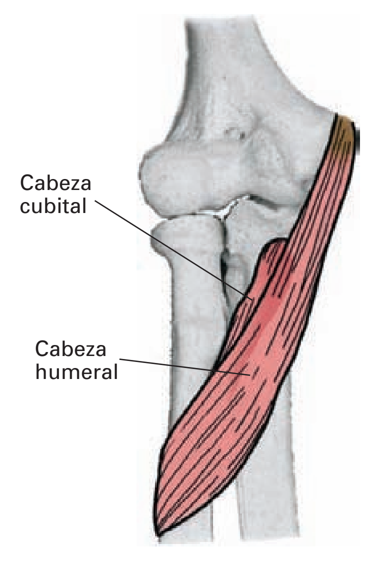


Figura 6-31. Músculo pronador redondo, visión anterior.

radio que se sitúa en la porción superficial del compartimento flexor del antebrazo.

Inserciones y trayecto. Posee dos cabezas de origen, la **humeral** y la **cubital**. La cabeza humeral arranca del epicóndilo interno. La cabeza cubital se inserta en una cresta ósea (*cresta del pronador*) de la apófisis coronoides. Los dos haces se reúnen en un vientre único dejando una hendidura por donde cursa el nervio mediano. El músculo se dirige oblicuo hacia abajo y hacia fuera apoyado sobre el flexor superficial de los dedos y termina en un tendón aplanado que se inserta en la parte media de la cara externa del cuerpo del radio.

A nivel del pliegue del codo forma un relieve que constituye el límite interno de la fosa cubital.

Acción. Es un potente pronador del antebrazo y un débil flexor del codo.

Inervación. Se inerva por el nervio mediano, que le aporta fibras de C6 y C7.

Flexor radial del carpo

(*palmar mayor*, Fig. 6-32)

Forma y situación. Es un músculo fusiforme que se sitúa por dentro del pronador redondo y lateralmente al palmar largo.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo medial. Su vientre muscular se dirige hacia abajo y afuera apoyado sobre el flexor superficial de los dedos y se continúa en la parte media del antebrazo con un tendón cilíndrico que atraviesa el túnel carpiano. En esta región camina envuelto en una vaina sinovial propia y se separa de los tendones de los flexores por un tabique fibroso. Termina en la cara anterior de la base del 2.º y 3.^{er} metacarpiano.

El tendón del flexor radial del carpo, antes de penetrar en el túnel carpiano, camina medial al tendón del braquiorradial delimitando entre ambos, en la parte más baja del antebrazo, un surco perceptible bajo la piel, el **canal del pulso**, por el que discurre la arteria radial.

Acción. Su acción depende de las sinergias que establece con otros músculos. Si se contrae con el flexor cubital del carpo es un potente flexor de la muñeca. Cuando se contrae con los extensores radiales del carpo es un separador de la muñeca. Además puede contribuir a la pronación y la flexión del antebrazo.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio mediano, que le aportan fibras de C6 y C7.

Palmar largo (*palmar menor*, Fig. 6-32)

Forma y situación. Es un vientre muscular alargado y estrecho que se dispone intercalado entre el flexor radial del

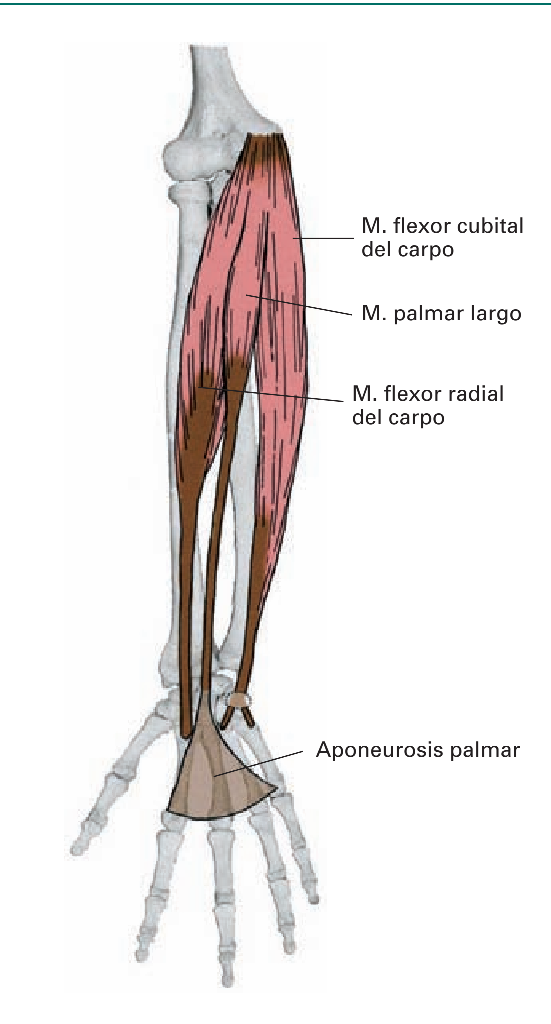


Figura 6-32. Visión anterior de los músculos superficiales de la celda anterior del antebrazo: flexor radial del carpo, palmar largo y flexor cubital del carpo.

carpo y el flexor cubital del carpo. El músculo presenta notables variaciones en su desarrollo y falta en una de cada diez personas.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo medial por el tendón común de los músculos epicondíleos internos. Sus fibras musculares caminan oblicuas hacia abajo y hacia afuera y se continúan con una fina cinta tendinosa que, a nivel de la muñeca, pasa por delante y adherida al retináculo flexor y luego se continúa con la aponeurosis palmar media.

Acción. Es un débil flexor de la muñeca. Además, al tensar la aponeurosis palmar, protege los vasos y nervios de la mano y puede contribuir indirectamente a la flexión de las articulaciones metacarpofalángicas.

Inervación. Se inerva por el nervio mediano, que le aporta fibras de C8.

Flexor cubital del carpo

(*cubital anterior*, Figs. 6-32 y 6-33)

Forma y situación. Es un potente vientre muscular situado a lo largo del margen medial del compartimento flexor del antebrazo.

Inserciones y trayecto. Posee dos cabezas de origen, una humeral y otra cubital. La **cabeza humeral** arranca del tendón común de los flexores epicondíleos, que se inserta en la cara anterior del epicóndilo medial. La **cabeza cubital** se inserta en el borde interno del olécranon y de los 2/3 superiores del borde posterior del cuerpo del cúbito. Las dos cabezas se unen por un arco fibroso que delimita con la cara posterior del epicóndilo un conducto osteofibroso (*conducto epitrocleo-olecraneano*) por donde pasa el nervio cubital desde la celda posterior del brazo a la celda anterior del antebrazo.

Tras la fusión de las cabezas se forma un vientre que, en la parte media del antebrazo, se continúa con un potente tendón que va al pisiforme. La inserción en el pisiforme se extiende por expansiones fibrosas hasta el gancho del ganchoso y la base del 5.º metacarpiano. Además, emite otra expansión fibrosa para el retináculo flexor, que delimita un conducto fibroso (*conducto de Guyon*), por donde pasan los vasos y el nervio cubital.

Acción. Cuando se contrae con el flexor radial del carpo interviene en la flexión de la muñeca. También participa en la aproximación (inclinación medial) de la muñeca al contraerse junto con el extensor cubital del carpo. Otra función del músculo es estabilizar la inserción del músculo separador del meñique durante los movimientos de este dedo.

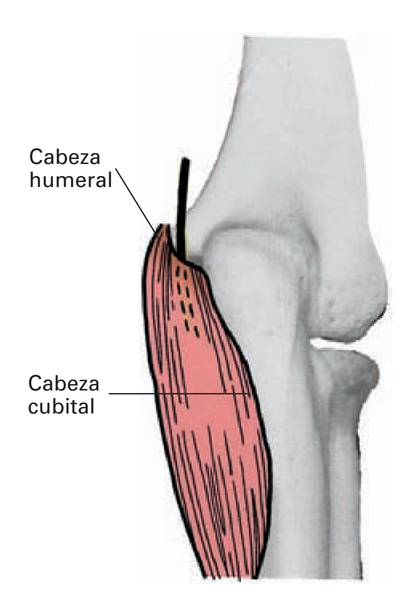


Figura 6-33. Detalle de las cabezas de origen del músculo flexor cubital del carpo, visión posterior. El trazo oscuro indica el espacio de deslizamiento del nervio cubital.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio cubital, que le aporta fibras de C7 y C8.

Porción radial del compartimento extensor

Está formado por los músculos braquiorradial, extensores radiales del carpo largo, corto y supinador.

Músculo supinador

(*supinador corto*, Figs. 6-34 y 6-35)

Forma y situación. Está formado por dos pequeñas láminas musculares arrolladas sobre la porción superior del radio. Se sitúa, por tanto, en un plano muy profundo, tapado por los extensores radiales del carpo.

Inserciones y trayecto. Consta de dos cabezas, una humeral, que es más superficial y posee las fibras orientadas oblicuas hacia abajo, y otra cubital, que es más profunda y con fibras orientadas transversalmente. La *cabeza humeral* arranca del epicóndilo lateral y también de los ligamentos colateral radial y anular del radio. La *cabeza cubital* arranca por debajo de la escotadura radial del cúbito de la superficie y de la cresta supinatoria.

Las fibras procedentes de ambas cabezas forman dos láminas musculares superpuestas que se arrollan de poste-

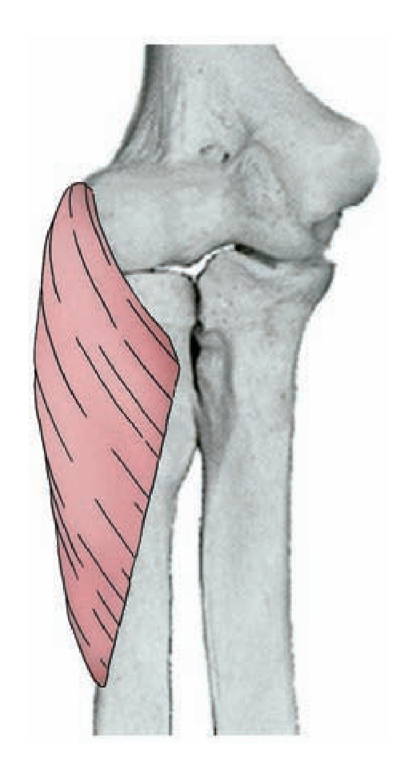


Figura 6-34. Músculo supinador, visión anterior.

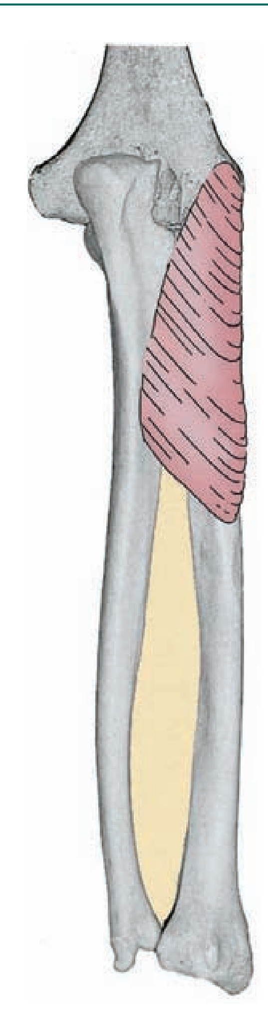


Figura 6-35. Músculo supinador, visión posterior.

rior a anterior sobre el segmento superior del radio. Las dos láminas terminan en el contorno posteroexterno del tercio superior del cuerpo del radio a nivel de la inserción del pronador redondo.

Entre las dos cabezas del supinador se establece un plano de deslizamiento por donde pasa el nervio interóseo dorsal (rama profunda del radial) para alcanzar el plano posterior del antebrazo.

Acción. Es el músculo motor primario de la supinación del antebrazo.

Inervación. Se inerva por el nervio interóseo dorsal del radial, que le aporta fibras de C5 y C6.

Músculo extensor radial corto del carpo

(*segundo radial*, Fig. 6-34)

Forma y situación. Tiene el aspecto de una cinta muscular que se continúa en la zona media del antebrazo con un tendón estrecho y aplanado que se dirige al dorso del carpo. Se dispone en el margen lateral del antebrazo tapado por el extensor radial largo y por el braquiorradial.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo lateral y el ligamento colateral externo en un tendón común con el resto de extensores. Primero el vientre muscular y luego el tendón descienden verticales hacia el dorso de la muñeca. Después de atravesar el retináculo extensor en un conducto común con el extensor radial largo, se inserta en la cara dorsal de la base del tercer metacarpiano.

En la parte inferior del antebrazo, el tendón del extensor radial corto y también el del largo son atravesados por los músculos separador largo del pulgar y extensor corto del pulgar. En el dorso del carpo los tendones de los dos extensores radiales se sitúan en el fondo de la tabaquera anatómica.

Acción. Cuando se contrae con los otros extensores, interviene en la extensión de la muñeca. Cuando se contrae junto con el flexor radial del carpo interviene en la separación (inclinación lateral) de la mano. Además, puede ayudar a flexionar el codo.

Inervación. Se inerva por ramas colaterales del nervio radial, que le aportan fibras de C6 y C7.

Músculo extensor radial largo del carpo

(*primer radial*, Fig. 6-36)

Forma y situación. Se dispone superficial al extensor radial corto, a lo largo del margen externo del antebrazo.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la porción más inferior del borde externo del húmero (cresta supracondílea lateral) y en el epicóndilo lateral, en el tendón común con los otros extensores. El vientre muscular, seguido de un tendón aplanado, se dirige verticalmente hacia abajo tapando al extensor radial corto. En la muñeca, el tendón se dispone dorsal a la apófisis estiloides del radio y atraviesa el retináculo extensor en un túnel osteofibroso común con el extensor corto. Termina insertándose en la cara dorsal de la base del segundo metacarpiano.

Acción. Son las mismas que las de extensor radial corto del carpo; de hecho, en algunos animales los dos extensores radiales se encuentran fusionados.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio radial, que le aportan fibras de C6 y C7.

Músculo braquiorradial

(*supinador largo*, Fig. 6-37)

Forma y situación. Es el más superficial de los músculos laterales. En la región anterior del codo forma un prominente relieve lateral que delimita con el relieve del prona-

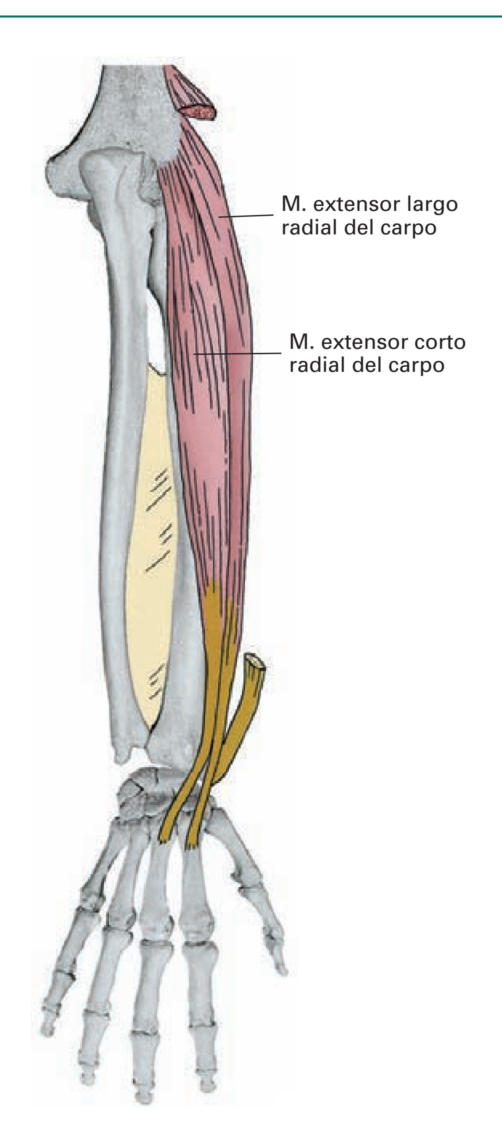


Figura 6-36. Músculos de la celda radial del antebrazo: extensores largo y corto radiales del carpo. Visión posterior. El músculo braquirradial se ha seccionado.

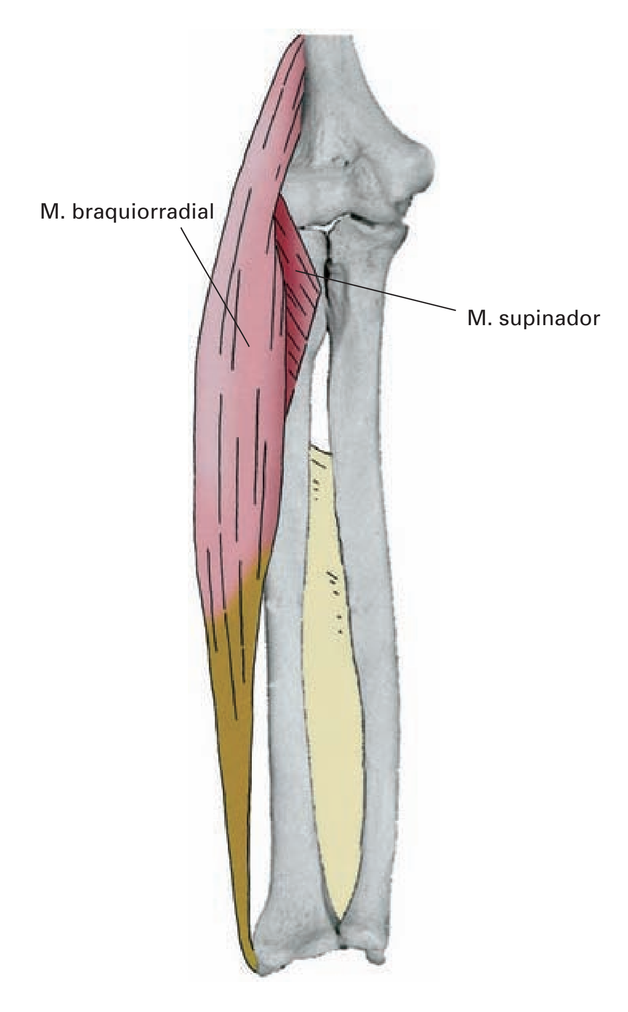


Figura 6-37. Músculo braquiorradial, visión anterior.

dor redondo, la **fosa cubital**. En el antebrazo desciende a lo largo del margen externo hasta la extremidad inferior del radio.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la parte inferior del borde externo del húmero (cresta supracondílea) y desciende superficial con respecto a los músculos extensores radiales. En la parte media del antebrazo el vientre muscular se continúa con una lámina tendinosa que va a insertarse en la extremidad inferior del radio por encima de la apófisis estiloides.

En el extremo inferior del antebrazo el tendón del braquiorradial, junto con los tendones de los extensores radiales del carpo, está cruzado por los tendones de los músculos separador largo del pulgar y extensor corto del pulgar. Por encima de esta región, y en la cara anterior del antebrazo, delimita el canal del pulso (véase Músculo flexor radial del carpo).

Acción. Es un músculo flexor del brazo. Actúa, además, como estabilizador (*shunt*) de la articulación del codo evitando el efecto desestabilizador que desarrolla el músculo braquial cuando se contrae de forma rápida (véase Músculo braquial).

Inervación. Se inerva por ramas del nervio radial, que le aportan fibras de C5 y C6.

Compartimento extensor del antebrazo

Los músculos posteriores del antebrazo se disponen en dos planos, superficial y profundo. En el plano profundo se sitúan el separador largo del pulgar, los extensores largo y corto del pulgar y el extensor del índice. En el plano superficial, de lateral a medial, se disponen el extensor de los

dedos, el extensor del quinto dedo, el extensor cubital del carpo y el ancóneo.

Músculo separador largo del pulgar (Fig. 6-38)

Forma y situación. Es un músculo aplanado y fusiforme situado en el plano profundo del dorso del antebrazo tapado por el músculo extensor de los dedos.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la cara posterior del cúbito, del radio y de la membrana interósea en la zona que queda por debajo de las inserciones del supinador y del ancóneo. El vientre muscular desciende oblicuo hacia abajo y hacia fuera, y un poco por encima de la muñeca se continúa con un tendón que rodea por fuera los tendones de los extensores radiales y la inserción del tendón del músculo braquiorradial. El tendón cruza la muñeca a nivel de la cara externa de la extremidad inferior del radio en un conducto osteofibroso que es común con el del tendón del extensor corto del pulgar. Este conducto osteofibroso se sitúa en la parte más lateral del retináculo extensor. El tendón del separador largo del pulgar termina insertándose en el lado externo de la base del primer metacarpiano.

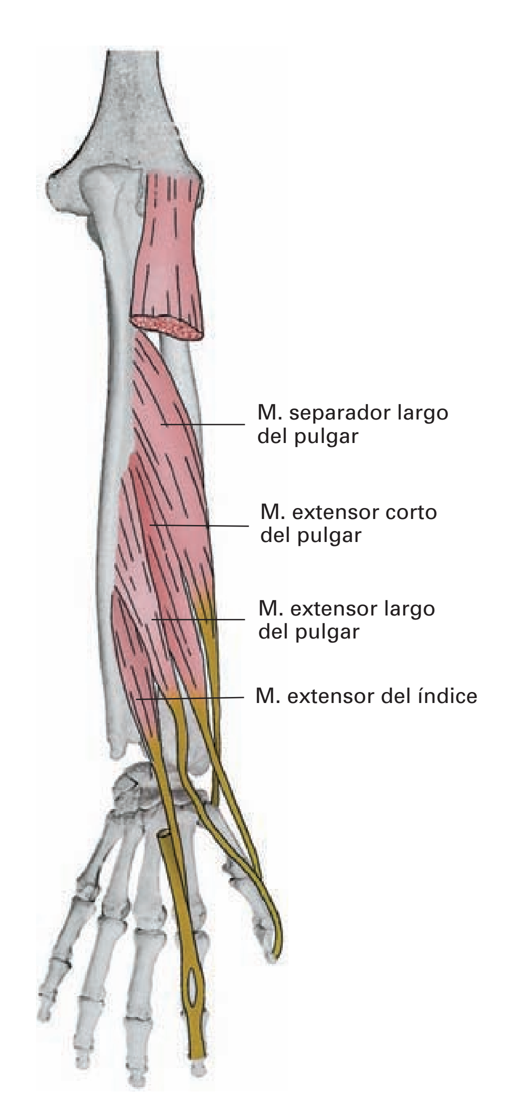


Figura 6-38. Músculos profundos de la celda posterior del antebrazo. Visión posterior tras seccionar el extensor de los dedos.

Acción. Cuando se contrae de forma aislada produce al mismo tiempo extensión y separación del pulgar.

Inervación. Se inerva por la rama profunda del nervio radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Músculo extensor corto del pulgar (Fig. 6-38)

Forma y situación. Es similar al separador largo del pulgar, y sigue con él la mayor parte de su trayecto. Se sitúa inicialmente en el plano profundo del dorso del antebrazo, luego se hace más superficial y, rodeando la extremidad inferior del radio y los tendones de los extensores radiales del carpo, va a buscar el dorso del pulgar.

Inserciones y trayecto. Se origina en la membrana interósea y la cara dorsal del radio. Su vientre muscular, y el tendón que lo continúa, se asocian distalmente al separador largo del pulgar y, junto a él, rodea primero los tendones de los extensores radiales y la inserción del braquiorradial y luego atraviesa el retináculo extensor. Termina insertándose en la cara dorsal de la base de la primera falange del pulgar.

En el dorso del carpo forma, junto con el tendón del separador largo, el límite externo de la *tabaquera anatómica.*

Acción. Es un extensor de las articulaciones carpometacarpiana y metacarpofalángica del pulgar. Colabora también en la extensión de la muñeca cuando el movimiento se hace contra resistencia.

Inervación. Se inerva por la rama profunda del nervio radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Síndrome de De Quervain

Los tendones del extensor corto del pulgar y del separador largo del pulgar cuando atraviesan el retináculo extensor van envueltos en una sinovial común que con alguna frecuencia sufre procesos inflamatorios que dan lugar al denominado síndrome de De Quervain.

Músculo extensor largo del pulgar (Fig. 6-38)

Forma y situación. Es un músculo aplanado y fusiforme situado en el plano profundo del dorso del antebrazo me-

dialmente con respecto al extensor corto del pulgar y lateral con respecto al extensor propio del índice.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la cara posterior del cúbito y en la membrana interósea. El vientre muscular desciende hacia el dorso de la muñeca caminando medialmente al extensor corto del pulgar, y en el tercio inferior del antebrazo, se continúa con un tendón cilíndrico que atraviesa el retináculo extensor por un túnel osteofibroso independiente, situado medialmente al de los extensores radiales del carpo. Después del trayecto por el retináculo extensor, cruza los tendones de los extensores radiales del carpo y a la arteria radial, y se dirige a la cara dorsal de la base de la segunda falange del pulgar donde termina.

En su trayecto por el dorso de la articulación metacarpofalángica se suelda a la cápsula articular. En esta región recibe expansiones fibrosas procedentes del tendón del separador corto del pulgar y del aproximador corto del pulgar.

Acción. Es un extensor de todas las articulaciones del pulgar, y puede colaborar en la extensión y en la separación (inclinación radial) de la muñeca.

Inervación. Se inerva por la rama profunda del radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Tabaquera anatómica (Fig 6-46)

En el dorso del carpo, entre los tendones del separador largo y del extensor corto del pulgar por fuera, y el tendón del extensor largo del pulgar por dentro, se delimita una depresión triangular, denominada tabaquera anatómica. La tabaquera anatómica se aprecia bien al extender el pulgar, y es la zona donde en los siglos XVIII y XIX las personas que tenían habito depositaban el rapé para aspirarlo con la nariz («esnifar»). En el fondo de la tabaquera anatómica se sitúan los tendones de los extensores radiales del carpo y, apoyada sobre el trapecio, camina la arteria radial.

Músculo extensor del índice (Fig. 6-38)

Forma y situación. Es un pequeño vientre muscular situado en la zona más medial de los músculos profundos del dorso del antebrazo.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la parte inferior de la cara posterior del cúbito y en la zona adyacente de la membrana interósea. El vientre muscular desciende hacia el dorso de la muñeca continuándose con un fino tendón que atraviesa el retináculo extensor junto con los tendones del extensor de los dedos, en un túnel osteofibroso situado medialmente al del extensor largo del pulgar. En el dorso de la mano el tendón se dirige al índice y termina fusionándose al tendón del índice del extensor de los dedos a nivel de la falange proximal.

Acción. Es un extensor específico del dedo índice y puede colaborar en la extensión de la muñeca.

Inervación. Se inerva por la rama profunda del radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Músculo extensor de los dedos (Fig. 6-39)

Forma y situación. Forma un vientre muscular aplanado que se divide caudalmente en cuatro tendones que van al dorso de los cuatro últimos dedos. Se dispone en la parte más lateral del plano superficial del dorso del antebrazo.

Inserciones y trayecto. Se inserta en el epicóndilo lateral y desciende por el antebrazo dividiéndose pronto en cuatro fascículos que se continúan con tendones cilíndricos. Los tendones atraviesan el retináculo extensor, junto con el tendón del extensor propio del índice. En el dorso de la

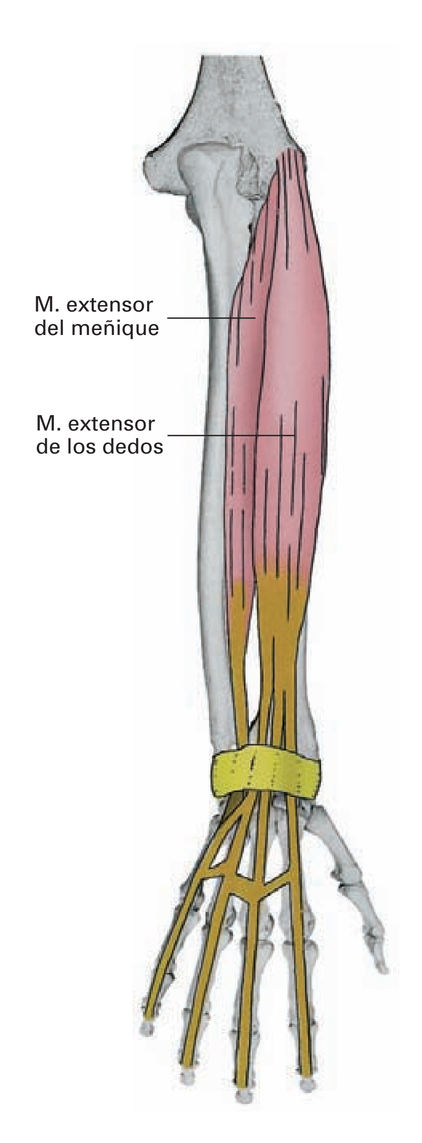


Figura 6-39. Músculos superficiales de la celda posterior del antebrazo, visión posterior.

mano, los tendones divergen en busca de cada dedo, aunque se mantienen unidos entre sí por cintas fibrosas transversales u oblicuas cuya disposición varía en las diferentes personas (**conexiones intertendinosas**).

En el dorso de los dedos la disposición de los tendones es compleja. A nivel de la articulación metacarpofalángica el tendón se ensancha, se suelda a la cápsula fibrosa y emite expansiones hacia el ligamento transverso profundo del metacarpo. Sobre la falange proximal, recibe por sus márgenes expansiones fibrosas de los tendones de los músculos interóseos y lumbricales (Fig. 6-40). El conjunto fibroso formado por el tendón extensor más las expansiones fibrosas de los inteóseos y lumbricales, que se ha denominado *expansión extensora*, se dispone por el dorso del dedo dividiéndose en una lengüeta central que se agota en la base de la falange intermedia y dos lengüetas laterales que van a la base de la falange distal.

Acción. El músculo es un extensor de la falange proximal de los dedos. Aunque puede colaborar en la extensión de las otras dos falanges, esta acción depende de las expansiones fibrosas que recibe de los interóseos y lumbricales. Estas expansiones son, además, importantes para evitar desplazamientos laterales del tendón, las cuales se ponen de manifiesto en las parálisis de los interóseos. Puede colaborar en la extensión de la muñeca.

Inervación. Se inerva por la rama profunda del radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Extensor del meñique (Fig. 6-39)

Forma y situación. Es un fino vientre muscular dispuesto en el margen medial del extensor de los dedos.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo lateral por un tendón común con los demás extensores. El vientre muscular desciende por el margen interno del extensor de los dedos y se continúa con un fino tendón que atraviesa el retináculo extensor por un túnel osteofibroso independiente. Termina en dos haces que se fusionan con el complejo tendinoso extensor del 5.º dedo.

Acción. Colabora con el extensor de los dedos en la extensión del 5.º dedo y puede contribuir a la inclinación cubital del quinto dedo (aproximación). Como el resto de los músculos dorsales, puede colaborar en la extensión de la muñeca.

Inervación. Se inerva por el ramo profundo del radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Extensor cubital del carpo

(*cubital posterior*, Fig. 6-41)

Forma y situación. Es un vientre muscular fusiforme del plano superficial del dorso del antebrazo que se dispone a lo largo del margen medial del antebrazo, donde es palpable.

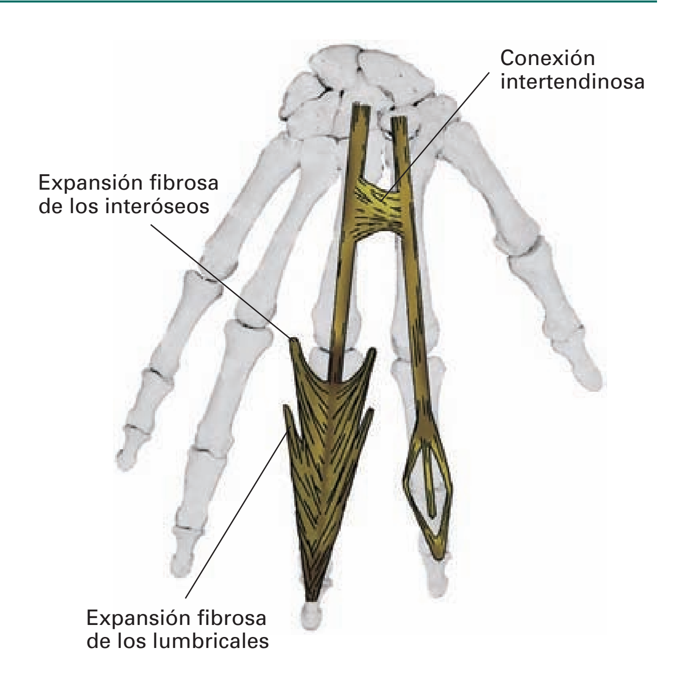


Figura 6-40. Representación esquemática del tendón del extensor de los dedos. Sobre el segundo dedo, la inserción del tendón en las falanges. Sobre el tercer dedo, la cubierta formada por las expansiones tendinosas de los músculos interóseos y lumbricales.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo lateral mediante el tendón común de los extensores y en el borde posterior del cúbito. Desciende a lo largo del margen interno del antebrazo y, en las proximidades de la muñeca, se continúa con un tendón que atraviesa el retináculo extensor en un túnel osteofibroso independiente situado entre la cabeza y la apófisis estiloides del cúbito. Termina en la cara interna de la base del 5.º metacarpiano.

Acción. Cuando se contrae con los extensores radiales del carpo interviene en la extensión de la muñeca. Cuando se contrae con el flexor cubital del carpo participa en la inclinación cubital de la muñeca (aproximación).

Inervación. Se inerva por la rama profunda del nervio radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

Ancóneo[14] (Fig. 6-41)

Forma y situación. Es un pequeño vientre de forma triangular situado en el plano dorsal de la articulación del codo.

Inserciones y trayecto. Se origina en el epicóndilo lateral y sus fibras se dirigen hacia abajo y adentro para insertarse en el margen lateral del olécranon y en el extremo superior de la cara posterior del cúbito.

[14] Del griego *agkon* = codo.

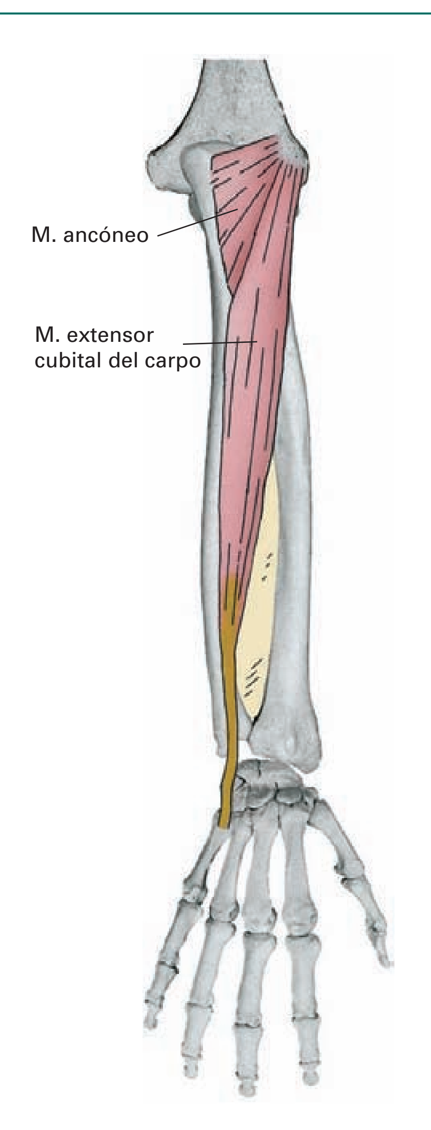


Figura 6-41. Músculos extensor cubital del carpo y ancóneo, visión posterior.

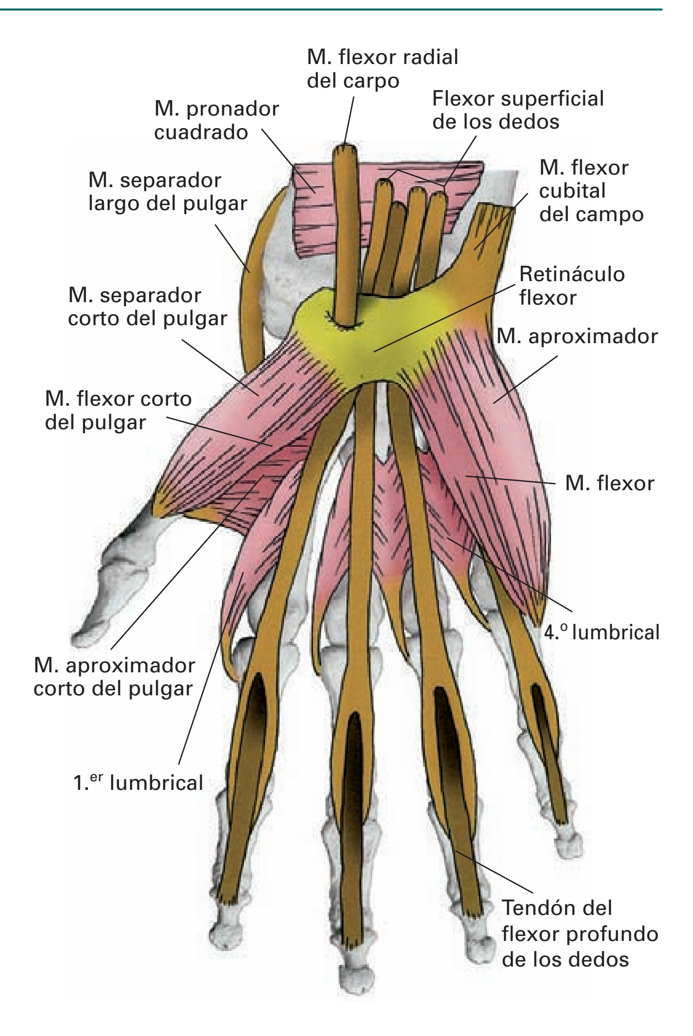


Figura 6-42. Visión palmar de los grupos musculares de la mano.

Acción. Puede considerarse a este músculo como una cabeza adicional del tríceps braquial que participa en la extensión del codo. El músculo es también capaz de producir una ligera separación del cúbito que tiene importancia durante el movimiento de pronación.

Inervación. Se inerva por la rama de la cabeza interna del tríceps del nervio radial, que le aporta fibras de C7 y C8.

MÚSCULOS DE LA MANO

En la mano se pueden distinguir tres grupos musculares (Fig. 6-42): un grupo medio que incluye los músculos interóseos situados en los espacios delimitados entre cada dos metacarpianos y los músculos lumbricales asociados a los tendones del flexor profundo de los dedos; un grupo lateral, formado por músculos que mueven el pulgar (músculo separador corto, músculo oponente, músculo flexor corto y músculo aproximador) y que determinan un relieve en el margen externo de la mano, denominado **eminencia tenar**; y un grupo medial, formado por músculos que dinamizan al dedo meñique (músculo aproximador, músculo oponente, músculo flexor corto y músculo palmar corto) y que forman un relieve en el margen medial de la mano, denominado **eminencia hipotenar**. Todos los músculos de la mano presentan la característica de recibir su inervación de fibras procedentes del segmento medular T1.

Músculos lumbricales[15] (Figs. 6-42 y 6-43)

Forma y situación. Son cuatro pequeños vientres musculares fusiformes que se sitúan en la celda palmar media intercalados entre los tendones del flexor profundo de los dedos. Se numeran del 1.º al 4.º, siguiendo un orden de

[15] Del latín, significa con forma de gusano.

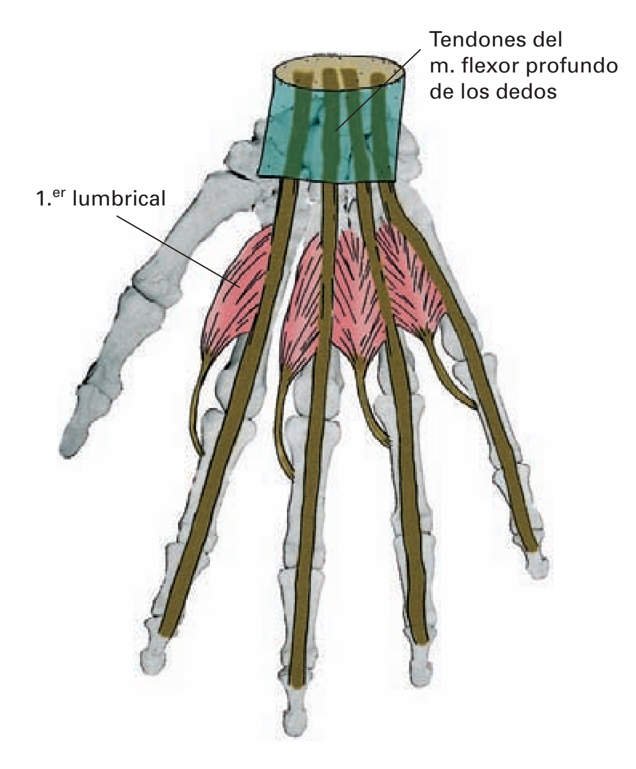


Figura 6-43. Músculos lumbricales, visión anterior.

lateral a medial. El 1.º se dirige al dedo índice y los siguientes a cada uno de los restantes tres últimos dedos.

Inserciones y trayecto. El 1.º y el 2.º se insertan en el borde externo del tendón del flexor profundo correspondiente al índice y al dedo medio, respectivamente. El 3.º y el 4.º se insertan en los bordes laterales de los dos tendones entre los que se disponen el 3.º en los tendones del dedo medio y el anular, y el 4.º en los tendones del anular y del meñique. Se dirigen en dirección distal para situarse en el margen lateral de la articulación metacarpofalángica del dedo que les corresponde, donde se continúan con una fina lámina tendinosa que va a soldarse al tendón del extensor de los dedos en asociación con el tendón de los músculos interóseos (véase Músculos interóseos).

Acción. Su singular disposición anatómica de músculos intercalados entre los tendones del flexor y los tendones del extensor determina que intervengan flexionando la falange proximal a nivel de la articulación metacarpofalángica y extendiendo las otras dos falanges. Este doble efecto de los lumbricales es compartido por los músculos interóseos que también emiten expansiones para el tendón extensor. Su papel funcional tiene que ver con la coordinación entre la flexión y extensión de las falanges para realizar movimientos de precisión (escribir a máquina, tocar un instrumento musical).

El lumbrical del dedo índice, junto con el primer interóseo, realiza también una pequeña rotación medial de la articulación metacarpofalángica.

Inervación. Presenta algunas variaciones, pero el patrón más habitual es que los lumbricales del índice y del dedo medio se inerven por ramas del mediano, mientras que los dos lumbricales mediales se inervan por ramas del cubital. En ambos casos, las fibras proceden de la raíz T1.

Músculos interóseos (Figs. 6-44 y 6-46)

Forma y situación. Están situados en la mano ocupando los espacios interóseos que se delimitan entre cada dos metacarpianos. En cada espacio hay un interóseo palmar (ventral) y un interóseo dorsal, excepto en el primer espacio que, habitualmente, carece de interóseo palmar. No obstante, algunos autores describen una mayor frecuencia del primer interóseo palmar por considerar que está representado por fibras que otros asignan a la cabeza profunda del músculo flexor corto del pulgar (véase Músculos de la eminencia tenar). Los dorsales son peniformes y ocupan la totalidad del espacio interóseo. Los palmares son semipeniformes y ocupan solamente la mitad del espacio interóseo. Tanto los palmares como los dorsales se numeran de lateral a medial, teniendo en cuenta, como hemos dicho, que el primer interóseo palmar suele faltar.

Inserciones y trayecto:

— *Interóseos dorsales* (Figs. 6-44 y 6-46). Se insertan en las caras laterales del cuerpo de los dos metacarpianos que delimitan cada espacio interóseo. A nivel de la articulación metacarpofalángica se continúan con un tendón que se distribuye por el dedo más próximo al eje de la mano, es

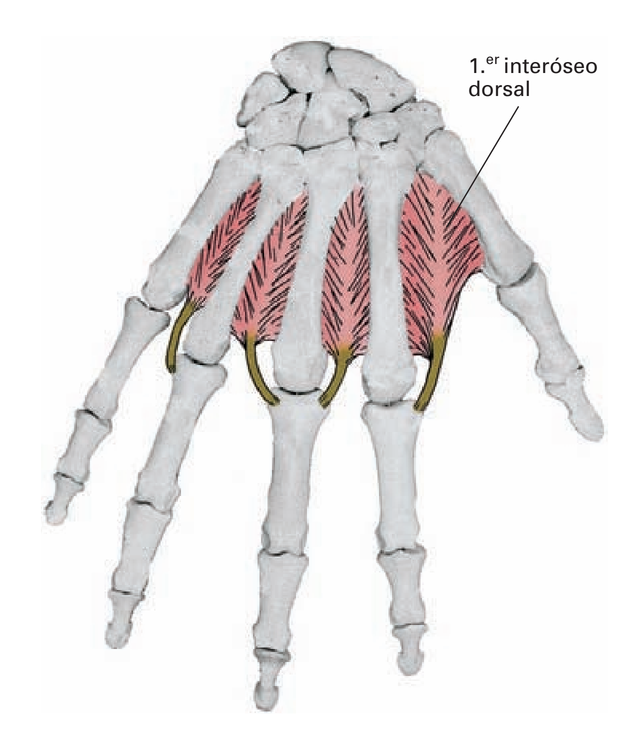


Figura 6-44. Músculos interóseos dorsales, visión posterior.

decir, el dedo medio recibe la terminación del 2.º y 3.º interóseo dorsal, mientras que el pulgar y el meñique carecen de terminación de interóseo dorsal.

Cada tendón se divide en dos haces, superficial y profundo. El haz profundo se inserta en el tubérculo lateral de la base de la primera falange del dedo. El haz superficial forma una lámina triangular que se dirige en busca del tendón del extensor de los dedos, al que se une. A este haz del tendón se suelda el tendón de los músculos lumbricales. Al igual que los lumbricales, a través de su unión con el tendón extensor, los interóseos se unen a las bases de las dos falanges distales de los dedos.

—*Interóseos palmares* (Fig. 6-45). Se insertan en la parte anterior de la cara lateral del metacarpiano más alejado del eje de la mano y se continúan con un tendón que va en busca del dedo correspondiente al metacarpiano en que se originan; es decir, el dedo medio carece de inserciones de músculo interóseo palmar.

Los tendones de los interóseos palmares se comportan de modo similar al de los interóseos dorsales. Poseen un haz profundo para la base de la falange proximal y un haz superficial triangular que se suelda al tendón extensor.

En la zona de unión de los haces superficiales del tendón de los interóseos al tendón del extensor, un grupo significativo de fibras salta de la expansión de un lado a la del lado opuesto, formando una especie de caperuza fibrosa sobre el tendón del extensor (véase Músculo extensor de los dedos).

Acción. Todos los interóseos en colaboración con los lumbricales son flexores de la primera falange y extensores de las otras dos falanges. Los interóseos palmares aproximan los dedos hacia el eje de la mano (dedo medio). Los interóseos dorsales separan los dedos con respecto al eje de la mano.

Inervación. Se inervan por ramas del nervio cubital, que les aportan fibras de T1.

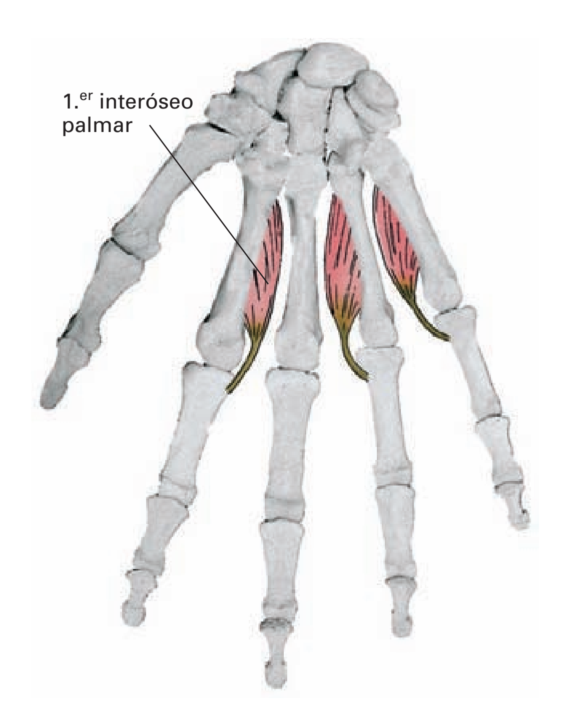


Figura 6-45. Músculos interóseos palmares, visión palmar.

Grupo tenar (Fig. 6-42)

Músculo separador corto del pulgar (Fig. 6-47)

Forma y situación. Es el músculo más superficial de la eminencia tenar que muestra notables variaciones individuales. Tiene forma aplanada y se sitúa bajo la piel de la eminencia tenar tapando al oponente y al flexor corto.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la parte externa y superficial del retináculo flexor y también de los tubérculos del escafoides y trapecio. Sus fibras se dirigen en dirección a la cara externa de la articulación metacarpofalángica del pulgar. Termina en la faceta lateral de la base de la primera falange y emite una expansión fibrosa hacia el margen externo del tendón de extensor largo del pulgar, similar a las expansiones de los interóseos.

Acción. Es separador del pulgar y actúa tanto en la articulación carpometacarapiana, como en la metacarpofalángica. Por su expansión al tendón del extensor participa de modo similar a los interóseos flexionando la articulación metacarpofalángica y extendiendo las falanges.

Inervación. Se inerva por el nervio mediano, que le aporta fibras de T1.

Músculo oponente del pulgar (Fig. 6-48)

Forma y situación. Es un pequeño músculo que se sitúa en la eminencia tenar, profundo con respecto al separador corto y lateral con respecto al flexor corto del pulgar.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara superficial del retináculo flexor y del tubérculo del trapecio y sus fibras se dirigen oblicuas distalmente y hacia fuera para insertarse a lo largo de la mitad externa de la superficie anterior del cuerpo del primer metacarpiano.

Acción. Interviene en el movimiento de oposición del pulgar realizando la rotación interna del primer metacarpiano.

Inervación. Se inerva por el nervio mediano, que le aporta fibras de T1.

Músculo flexor corto del pulgar (Fig. 6-49)

Forma y situación. Es un pequeño músculo formado por dos cabezas, una superficial y otra profunda, que se dispo-

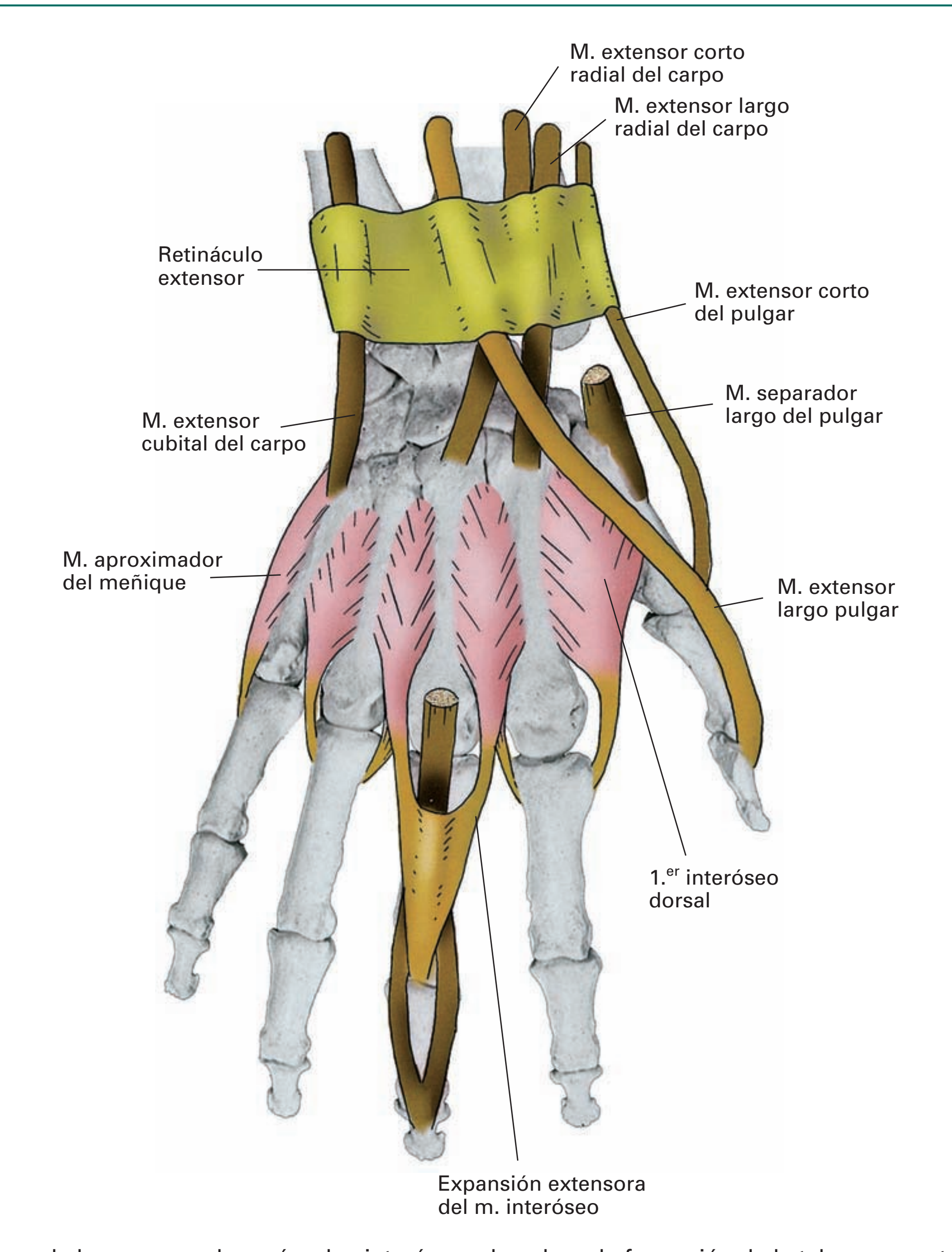


Figura 6-46. Dorso de la mano con los músculos interóseos dorsales y la formación de la tabquera anatómica.

nen en el mismo plano que el oponente pero en una situación más medial.

Inserciones y trayecto. La **cabeza superficial** se origina en el borde distal del retináculo flexor y del tubérculo del trapecio. La **cabeza profunda** arranca del trapezoide y del hueso grande. Las fibras originadas en estas inserciones se agrupan para confluir en un tendón único que se inserta en el margen lateral de la base de la primera falange. En el espesor del tendón del flexor corto se dispone un pequeño hueso sesamoideo.

Acción. Participa en el movimiento de oposición del pulgar como flexor de las articulaciones carpometacarpiana y metacarpofalángica.

Inervación. Presenta variaciones. El patrón más habitual es que la cabeza profunda se inerve por el cubital y la superficial por el mediano. En ambos casos las fibras nerviosas proceden de T1.

Músculo aproximador del pulgar (Fig. 6-50)

Forma y situación. Es un músculo aplanado de forma triangular compuesto por dos cabezas, una oblicua y otra transversa. Se sitúa en un plano profundo de la mano ventralmente a los espacios interóseos primero y segundo, y no contribuye a formar el relieve de la eminencia tenar.

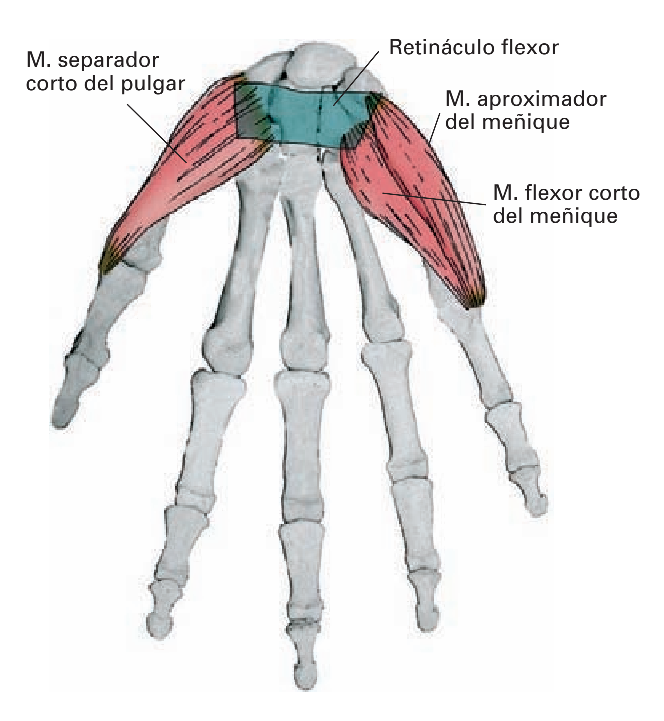


Figura 6-47. Visión anterior de los músculos superficiales de las eminencias tenar e hipotenar.

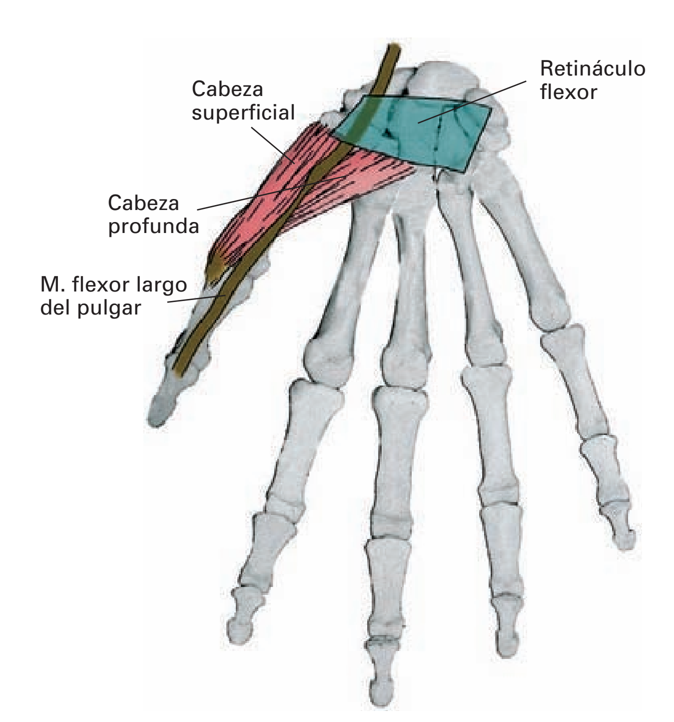


Figura 6-49. Músculo flexor corto del pulgar, visión anterior.

Inserciones y trayecto. La **cabeza oblicua** se origina en la base de los matacarpianos 2.º, 3.º y 4.º y en el trapezoide y hueso grande y las fibras se dirigen oblicuas hacia el margen medial del pulgar. La **cabeza transversa** se origina de un borde presente en la cara anterior de cuerpo del tercer metacarpiano y sus fibras discurren transversalmente hacia el pulgar. Las fibras de las dos cabezas están inicialmente separadas dejando una hendidura por donde atraviesa la arteria radial y luego se sueldan en un tendón que se inserta en el margen medial de la base de la falange proximal

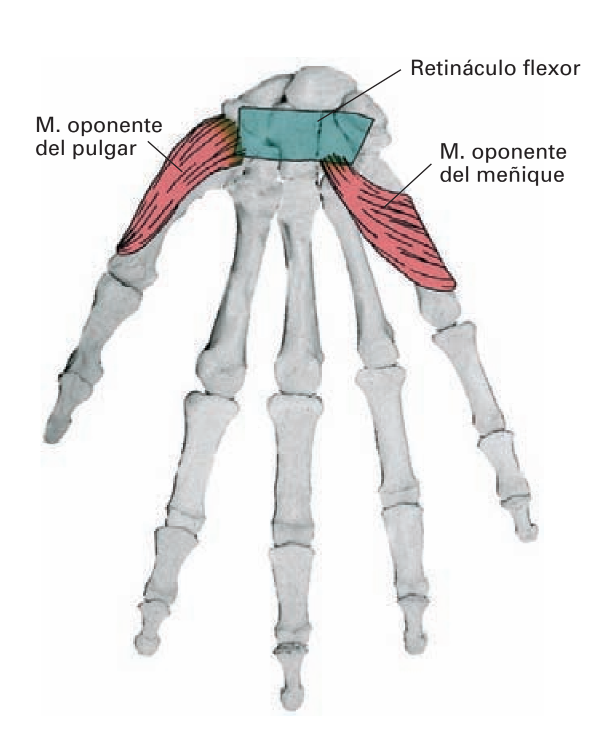


Figura 6-48. Visión anterior de los músculos oponentes de las eminencias tenar e hipotenar.

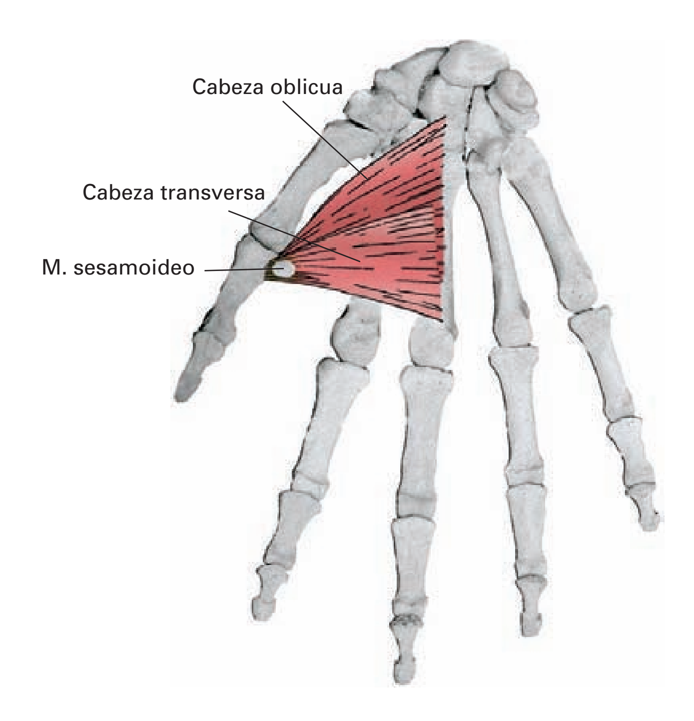


Figura 6-50. Músculo aproximador corto del pulgar, visión anterior.

del pulgar. Algunas fibras tendinosas se extienden hacia el margen medial del tendón del extensor largo del pulgar. En el espesor del tendón del aproximador se dispone un pequeño hueso sesamoideo.

Acción. Interviene en el movimiento de oposición del pulgar como aproximador.

Inervación. Se inerva por el nervio cubital que le aporta fibras de T1.

Grupo hipotenar (Fig. 6-42)

Músculo oponente del meñique (Fig. 6-48)

Forma y situación. Es el músculo más profundo de la eminencia hipotenar. Está formado por un vientre muscular aplanado y triangular que se dispone por delante del 5.º metacarpiano.

Inserciones y trayecto. Se extiende entre la apófisis unciforme del ganchoso y la zona del retináculo flexor vecina al margen medial del cuerpo de 5.º metacarpiano.

Acción. Al contraerse desplaza hacia adelante y rota hacia fuera el 5.º metacarpiano desplazando al dedo meñique para que se oponga al pulgar.

Inervación. Se inerva por el nervio cubital que le aporta fibras de T1.

Músculo flexor corto del meñique (Fig. 6-47)

Forma y situación. Es un pequeño músculo fusiforme, inconstante, que cubre por delante al oponente del meñique.

Inserciones y trayecto. Se extiende desde la apófisis unciforme del ganchoso y la zona próxima del retináculo flexor al margen medial de la base de la falange proximal del meñique. Su inserción en la falange se efectúa mediante un tendón común con el del músculo aproximador del meñique. Con cierta frecuencia este tendón de inserción presenta un pequeño hueso sesamoideo. Del tendón parte una expansión fibrosa hacia el tendón del extensor.

Acción. Es flexor del dedo meñique a nivel de la articulación metacarpofalángica.

Inervación. Se inerva por el nervio cubital, que le aporta fibras de T1.

Músculo aproximador del meñique (Fig. 6-47)

Forma y situación. Es el músculo más superficial y medial de la eminencia hipotenar, que se comporta como si fuese un interóseo dorsal.

Inserciones y trayecto. Se origina en el pisiforme y en los haces ligamentosos que parten de este hueso y termina junto con el flexor corto del meñique en el margen medial de la base de la falange proximal del meñique emitiendo una expansión fibrosa para el tendón extensor.

Acción. Separa el dedo meñique del anular y ayuda al flexor corto en la flexión de la falange proximal. Como los interóseos, ayuda a la extensión de las falanges media y distal a través de la expansión que emite al tendón extensor.

Inervación. Se inerva por el nervio cubital, que le aporta fibras de T1.

Músculo palmar corto

Forma y situación. El músculo palmar corto (músculo cutáneo palmar) está constituido por un número muy variable de fibras musculares dispuestas por debajo de la piel de la eminencia hipotenar.

Inserciones y trayecto. Se extienden desde el borde medial de la aponeurosis palmar a la piel del borde medial de la mano.

Acción. Al contraerse forma un pequeño pliegue en la piel de la eminencia hipotenar y tensa le piel favoreciendo la utilización de la mano para agarrar objetos.

Inervación. Se inerva por el nervio cubital, que le aporta fibras de T1.

VAINAS FIBROSAS Y SINOVIALES DE LOS TENDONES DE LA MANO Y DE LOS DEDOS

Los tendones que desde el antebrazo se dirigen hacia los dedos, en la muñeca y de los dedos, están alojados en canales fibrosos. Dada la elasticidad de la piel, al contraerse los músculos flexores o los extensores, sus tendones tenderían a proyectarse hacia la superficie como la cuerda de un arco. El papel de las vainas fibrosas es mantener a los tendones aplicados en la proximidad de las superficies óseas para conducir adecuadamente su fuerza de contracción. Complementando este dispositivo fibroso, los tendones se encuentran rodeados de vainas sinoviales que facilitan su deslizamiento durante la contracción.

> Las vainas sinoviales tienen gran importancia médica por ser estructuras que favorecen las difusión de los procesos infecciosos, a los que la mano está particularmente expuesta como consecuencia de heridas.

Vainas fibrosas

Retináculo flexor (*ligamento anular anterior del carpo*, Fig. 6-42)

Es una gruesa banda fibrosa que sujeta los tendones flexores en la muñeca delimitando con el surco que forman

los huesos del carpo (surco carpiano) el **conducto carpiano**. Por su extremo lateral se inserta en el tubérculo del escafoides y en el tubérculo del trapecio y por su extremo medial en el pisiforme y en la apófisis unciforme del ganchoso.

En su cara superficial recibe fibras del tendón del palmar largo y presta inserción a los músculos cortos del pulgar y del meñique. Además, en las proximidades del pisiforme, recibe una expansión fibrosa procedente del tendón del flexor cubital del carpo que delimita un túnel fibroso por donde discurren el nervio y los vasos cubitales.

En su cara profunda emite una expansión fibrosa hacia la cara anterior del escafoides, trapecio y el hueso grande, que divide el conducto carpiano en dos regiones, una lateral por donde pasa el tendón del flexor radial del carpo, y otra medial donde discurren los tendones del flexor superficial y del flexor profundo de los dedos junto con el nervio mediano.

Retináculo extensor (*ligamento anular dorsal del carpo*, Fig. 6-51)

En el dorso de la muñeca, el trayecto de los tendones difiere considerablemente de lo descrito en el plano ventral. En lugar de haber un conducto único para el paso de los tendones, lo que ocurre es que los surcos tendinosos que presenta la extremidad inferior del radio y del cúbito son transformados en túneles osteofibrosos independientes por el retináculo extensor.

El retináculo extensor es una lámina fibrosa que se extiende desde el margen externo de la extremidad inferior del radio hasta los márgenes internos de la extremidad inferior del cúbito y del carpo, donde se inserta en el piramidal e, incluso, contorneando el borde interno de la mano se fusiona, en parte, al retináculo flexor. De la cara profunda del retináculo extensor parten haces fibrosos que se unen a los márgenes de los surcos que tienen las superfi-

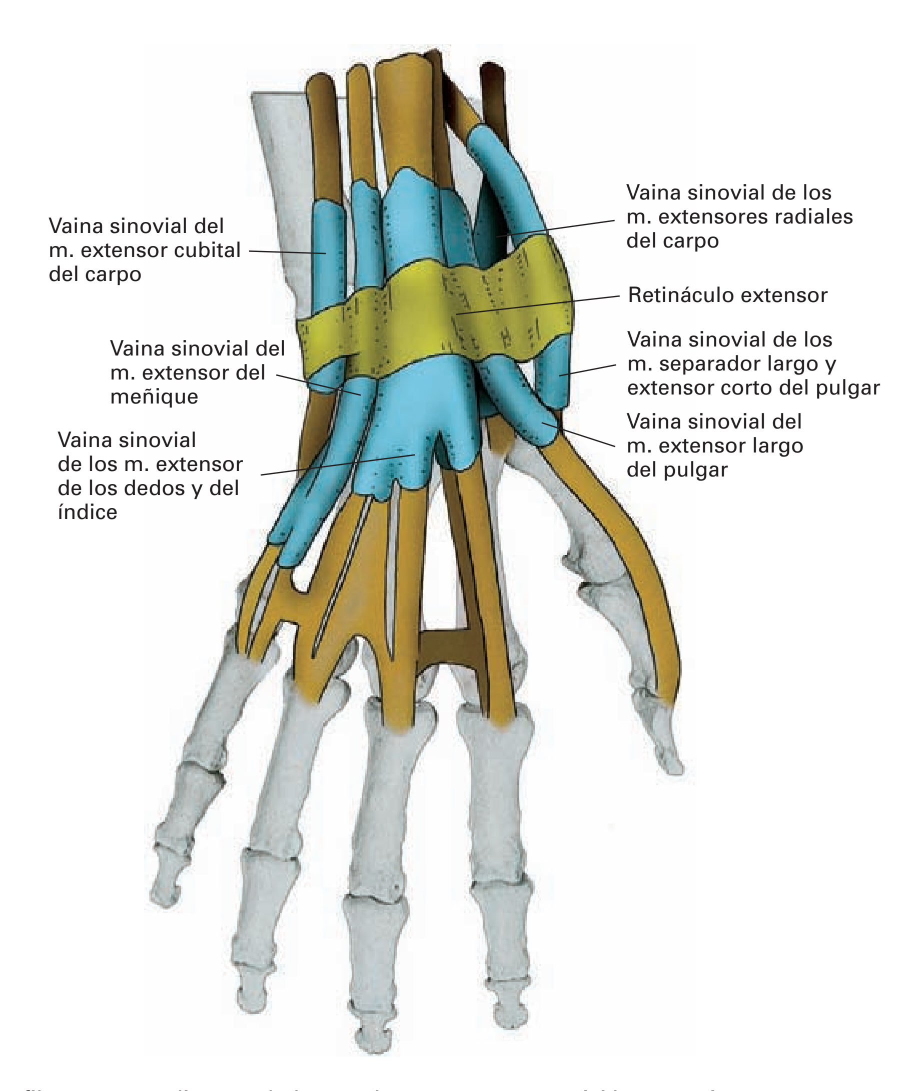


Figura 6-51. Vainas fibrosas y tendinosas de los tendones extensores, visión posterior.

cies subyacentes de las extremidades inferiores del radio y del cúbito; se establecen de lateral a medial las siguientes túneles osteofibrosos (vainas fibrosas): 1) vaina fibrosa del separador largo y extensor corto del pulgar; 2) vaina fibrosa de los extensores radiales del carpo; 3) vaina fibrosa del extensor largo del pulgar; 4) vaina fibrosa del extensor del índice y del extensor de los dedos; 5) vaina fibrosa del extensor del meñique, y 6) vaina fibrosa del extensor cubital del carpo.

Vainas fibrosas de los dedos (Fig. 6-52)

Las vainas fibrosas de los dedos sujetan sobre la cara anterior de las falanges los tendones de los músculos flexores (en los cuatro últimos dedos los tendones del flexor superficial y del flexor profundo de los dedos, y, en el pulgar, el tendón del flexor largo del pulgar). Consisten en láminas curvadas que, extendiéndose entre los bordes lateral y medial de las falanges, cubren los tendones. Están muy bien desarrolladas en los cuerpos de las falanges, pero son mucho más tenues en las articulaciones.

Vainas sinoviales

Características generales

Para facilitar su deslizamiento en las vainas osteofibrosas, los tendones se encuentran revestidos de vainas sinoviales. Las vainas sinoviales están formadas por un epitelio seroso y muestran una disposición que se asemeja a lo que ocurre si se hunde un cordón rígido en la superficie de un globo. Mediante esta maniobra se podrá distinguir una parte de la superficie del globo que queda en contacto con el cordón (hoja visceral), una parte de la superficie del globo que no contacta con el cordón (hoja parietal) y un espacio entre los dos; además, en la línea donde se ha hundido el cordón las hojas parietal y visceral estarán en continuidad formando un meso.

De igual modo a lo descrito en el ejemplo anterior, se distingue en cada vaina sinovial una **hoja visceral**, que se dispone revistiendo la superficie del tendón, y una **hoja parietal**, que se dispone periféricamente separada de la visceral por una cavidad virtual que contiene líquido que

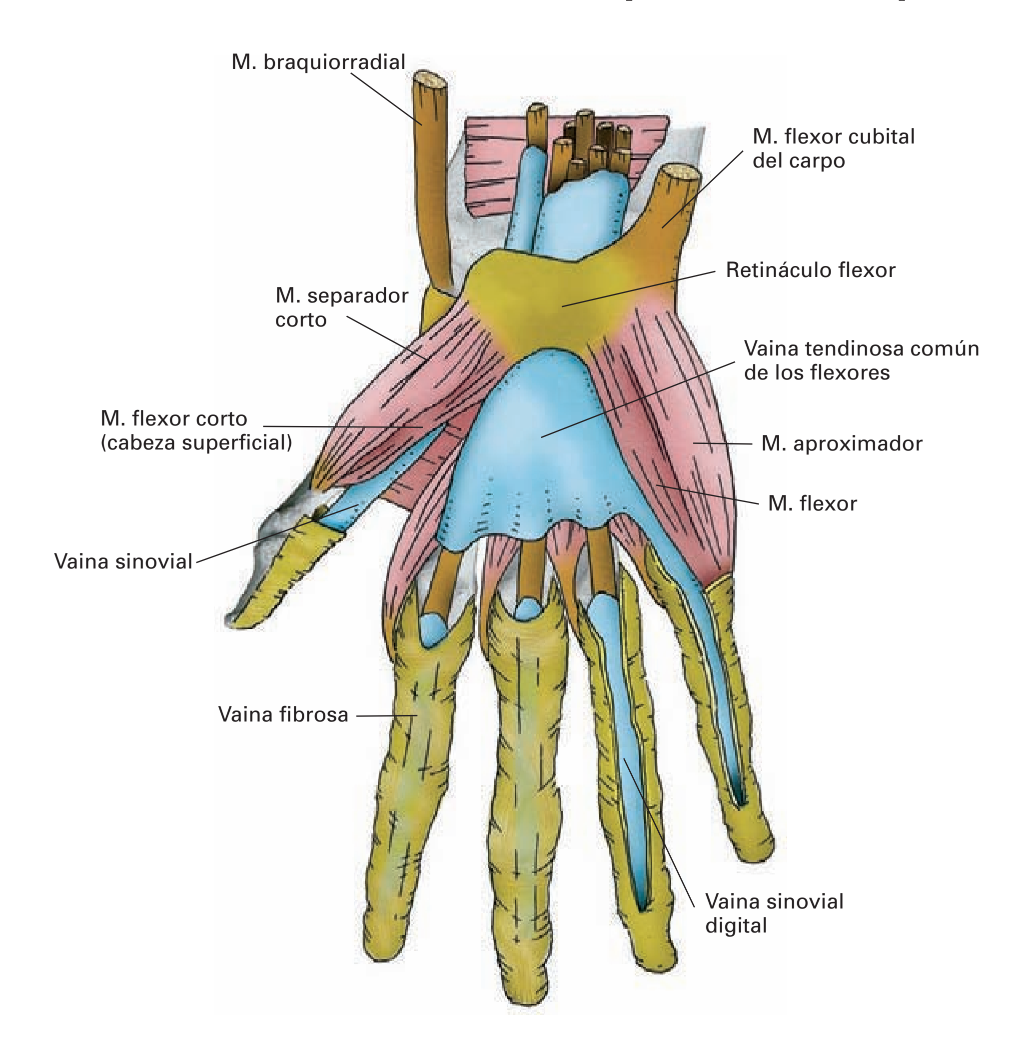


Figura 6-52. Vainas fibrosas y tendinosas de la mano y los dedos.

actúa de lubricante. Además, en una zona del contorno de la sinovial, las hojas visceral y parietal se continúan entre sí, delimitando una hendidura, el **mesotendón**, que carece de revestimiento sinovial y permite que los vasos alcancen la superficie del tendón.

Las vainas sinoviales envuelven tanto a los tendones flexores como a los extensores. Las vainas de los extensores se sitúan únicamente en el dorso de la muñeca (**vainas tendinosas dorsales del carpo**). Las vainas de los flexores se disponen tanto a nivel del carpo como a nivel de los dedos, denominándose respectivamente **vainas tendinosas palmares del carpo** y **vainas sinoviales digitales**.

Vainas tendinosas palmares del carpo (Fig. 6-52)

Revisten los tendones flexores desde 3-4 cm por encima del conducto carpiano hasta la parte media de la palma de la mano. Normalmente hay las siguientes:

Vaina tendinosa del flexor largo del pulgar: reviste el tendón de este músculo y se continúa con la vaina digital del dedo pulgar (*vaina digitocarpiana lateral*)

Vaina tendinosa común de los flexores: reviste conjuntamente los tendones del flexor superficial y del flexor profundo de los dedos, debido a que la hoja visceral posee dos pliegues, uno anterior asociado a los tendones del flexor superficial de los dedos y otro posterior para los tendones del flexor profundo de los dedos. Esta vaina distalmente se continúa con la vaina digital del quinto dedo (*vaina digitocarpiana medial*).

Vaina tendinosa del flexor radial del carpo: envuelve al tendón del flexor radial del carpo en su trayecto por la muñeca y la mano.

Vainas sinoviales digitales (Fig. 6-52)

Revisten los tendones flexores en su trayecto sobre la cara anterior de las falanges, desde la base de la falange distal de los dedos hasta aproximadamente 1 cm por encima de la articulación metacarpofalángica. En los 4 últimos dedos, la hoja visceral reviste conjuntamente los tendones de los flexores superficiales y profundos; la hoja parietal se dispone profundamente a la vaina fibrosa y el mesotendón es adyacente a la superficie de la falange. En esta región finos anclajes de tejido conectivo, los **vínculos tendinosos**, permiten el paso de vasos hacia el tendón. En el primer dedo, la disposición es similar y el tendón incluido en la vaina es el del flexor largo del pulgar.

Vainas tendinosas dorsales del carpo (Fig. 6-51)

Se disponen asociadas a los tendones extensores a su paso bajo el retináculo extensor. Existen seis vainas sinoviales que tapizan los tendones que pasan por cada una de las 6 vainas fibrosas descritas en el retináculo extensor. Las vainas sinoviales se extienden desde 1 ó 2 cm por encima y por debajo del retináculo.

Tenosinovitis

Las vainas sinoviales de los dedos se infectan con relativa frecuencia en la heridas de la mano. En estas condiciones la cavidad sinovial se rellena de exudado infeccioso que se extiende a todo lo largo de la vaina, y el dedo afectado aparece hinchado y doloroso. En el caso del meñique, la continuidad entre la vaina digital y la carpiana determina que la infección se extienda rápidamente hacia la mano e incluso al antebrazo. De igual modo ocurre en el caso del pulgar.

Una complicación importante de las infecciones de la vainas sinoviales es que como consecuencia de la inflamación se puede afectar la vascularización de los tendones y causar una necrosis tendinosa.

Tejido conectivo paratendinoso

Aunque los tendones de los extensores carecen de sinoviales en su trayecto por el dorso de la mano y de los dedos, su deslizamiento está asegurado por la presencia de un tejido conectivo laxo organizado en forma de láminas superpuestas. Este tejido, que se describe como *tejido conectivo paratendinoso* (paratendón), permite el deslizamiento de los tendones y asegura su nutrición por la abundancia de vasos sanguíneos.

Desde el punto de vista clínico, este tejido conectivo posee considerable importancia ya que, al igual que las vainas sinoviales, es una zona de difusión de las infecciones. Además, en casos de hemorragias, tras traumatismos, la sangre se difunde en lugar de quedar acumulada en un hematoma. La cicatrización de este tejido, secundaria a infecciones o a traumatismos, produce adherencias en los tendones que pueden limitar gravemente su función.

FASCIAS DE LA MANO

Las fascias de la mano constan de diferentes componentes. En la palma de la mano se distingue una hoja superficial y otra profunda. La hoja profunda, o **fascia interósea palmar**, cubre ventralmente los espacios interóseos y recubre también el músculo aproximador corto del pulgar. La

hoja superficial posee tres regiones, una media, o aponeurosis palmar, *y dos laterales, las fascias palmares laterales.*

La aponeurosis palmar es una estructura fibrosa muy potente. Tiene forma triangular con un vértice a nivel del retináculo flexor que se continúa con el tendón del músculo palmar largo. La base se dispone a nivel de las raíces de los cuatro últimos dedos. Desde el punto de vista estructural, está formada por fibras longitudinales y transversales. Las fibras longitudinales ocupan una posición superficial en el espesor de la fascia y divergen de vértice a base en busca de cada uno de los dedos. Por delante de los tendones de los flexores las fibras longitudinales se condensan formando las **cintas pretendinosas** que, al alcanzar la raíz de los dedos, se continúan en parte con las vainas fibrosas digitales y en parte siguen un trayecto más profundo, adosándose a las caras laterales de la articulaciones metacarpofalángicas. Además, un importante componente de las fibras longitudinales se agota uniéndose a la fascia superficial, manteniendo de esta manera la piel de la palma de la mano firmemente unida al plano profundo. Las fibras transversales ocupan un plano más profundo que las superficiales y mantienen cohesionadas las fibras longitudinales. En la raíz de los dedos, las fibras transversales forman un haz bien marcado y ligeramente alejado del resto de fibras transversas, denominado **ligamento metacarpiano transverso superficial**. Este haz de fibras se extiende desde el segundo dedo hasta el quinto dedo engarzando las fibras pretendinosas y elevando la piel en las comisuras interdigitales.

Las fascias palmares laterales son mucho mas delgadas que la aponeurosis palmar y recubren los músculos de la eminencia tenar e hipotenar. La externa cubre los músculos de la eminencia tenar y por sus extremos presenta expansiones hacia el plano profundo que se unen al primero y al tercer metacarpiano. La interna cubre los músculos de la eminencia hipotenar y por sus extremos se une al 5.º metacarpiano.

En el dorso de la mano, la **fascia interósea dorsal** cubre los músculos interóseos dorsales. Los tendones de los extensores se disponen superficialmente a esta fascia y están incluidos en un tejido conectivo laxo de disposición laminar (véase Vainas sinoviales de los tendones extensores) tapizado por la **fascia dorsal de la mano**, que proximalmente se continúa con el retináculo extensor y distalmente va a fusionarse con el aparato extensor de los dedos.

Enfermedad de Dupuytren

Esta enfermedad consiste en hipertrofia y retracción de las fibras de la aponeurosis palmar y de las vainas fibrosas digitales. En los casos más graves los dedos quedan retraídos y comprimidos contra la palma de la mano, y es necesaria la resección quirúrgica de las fibras de la fascia para recuperar la movilidad de los dedos.

ARTICULACIONES Y DINÁMICA FUNCIONAL DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

ARTICULACIONES DE LA CINTURA ESCAPULAR

La unión de la extremidad al tronco se realiza a través de la plataforma formada por la clavícula, la escápula y las articulaciones que se establecen ambos huesos entre sí y con el tórax, que son: 1) articulación entre clavícula y esternón (**esternoclavicular**); 2) articulación entre clavícula y escápula (**acromioclavicular**) y 3) articulación entre escápula y pared torácica (*escapulotorácica*). Desde el punto de vista funcional, esta región constituye el anclaje de la extremidad superior en el tronco y recibe el nombre de **cintura escapular** (*cintura pectoral* o *plataforma cleidoescapular*). La función de esta región no queda restringida a establecer la unión con el tronco, sino que también está al servicio de la movilidad del hombro.

Articulación esternoclavicular (Fig. 6-53)

Es la única que une la cintura escapular con el tórax. Desde el punto de vista morfológico se ha clasificado como articulación de unión recíproca (en silla de montar) o como esférica, pero desde el punto de vista funcional está integrada en el complejo articular de la cintura escapular.

Superficies articulares

Las superficies articulares son el extremo interno de la clavícula, la escotadura clavicular del esternón y el primer cartílago costal. La superficie clavicular, revestida de cartílago, ocupa las 2/3 partes inferiores del extremo interno

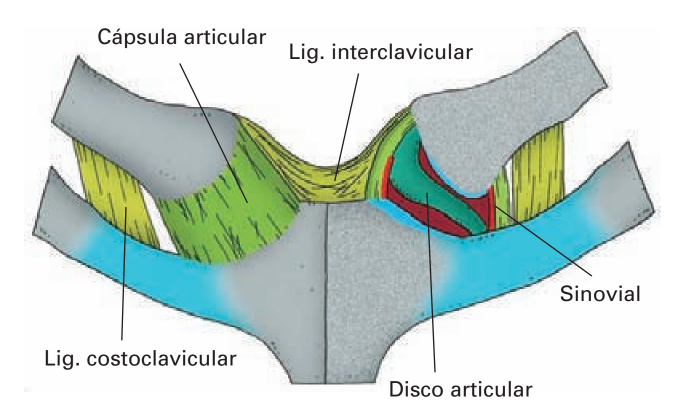


Figura 6-53. Representación esquemática de la articulación esternoclavicular. En el lado izquierdo, la articulación se ha seccionado frontalmente.

de la clavícula y tiene forma de ángulo saliente convexo verticalmente y ligeramente cóncavo en sentido anteroposterior. La superficie esternal tiene forma de entrante para recibir la clavícula y se amplía por una pequeña carilla dispuesta en el primer cartílago costal.

Entre las superficies articulares se intercala un **disco articular** de fibrocartílago que representa el vestigio de una pieza del esternón, el *epiesternón*, presente en otros mamíferos. La morfología del disco es muy variable entre las personas, pero se puede describir en él un borde circunferencial de unión a la cápsula fibrosa articular, y dos extremos, uno superior que se inserta en la clavícula por encima de la superficie articular, y otro inferior que se une al primer cartílago costal. Funcionalmente, el disco aumenta la congruencia de las superficies articulares y amortigua las fuerzas que actúan sobre la articulación, evitando que se produzcan luxaciones.

Cápsula articular

La **cápsula fibrosa** se inserta próxima al contorno de las superficies articulares, y debido a la existencia del disco articular hay dos membranas **sinoviales** que revisten la cara profunda de la cápsula fibrosa en el sector supra e infradiscal.

Ligamentos

La cápsula fibrosa está reforzada por ligamentos en toda su superficie.

En el plano anterior y en el posterior se disponen los **ligamentos esternoclaviculares anterior y posterior**. De éstos, el posterior es el más potente, por lo que, en caso de luxación, la clavícula tiende a desplazarse hacia adelante.

En el plano superior hay un potente refuerzo ligamentoso dispuesto en dos planos. En el plano capsular se dispone el **ligamento esternoclavicular** y, por encima, el **ligamento interclavicular** (*ligamento yugal*), que salta del extremo interno de una clavícula al del lado contrario cubriendo la escotadura yugular del esternón. Este ligamento impide el descenso de la clavícula y puede presentar unos pequeños huesecillos en su espesor (*huesos supraesternales*).

En el plano inferior y algo alejado de la cápsula fibrosa está el **ligamento costoclavicular** (*ligamento romboideo*), que se inserta en el primer cartílago costal y en la cara inferior de la clavícula.

> Desde el punto de vista clínico, es importante resaltar que la articulación esternoclavicular se dispone ventralmente al confluente venoso yúgulo-subclavio y se separa de él por las inserciones de los músculos esternocleidohioideo y esternotiroideo. Esta relación determina que la luxaciones posteriores de la clavícula puedan revestir una considerable gravedad. Sin embargo, debido a la acción del disco articular y a la disposición de los refuerzos ligamentosos, este tipo de luxación es excepcional.
>
> Otro aspecto clínico interesante de la articulación es que el dolor causado por afectaciones inflamatorias es, casi siempre, referido a cierta distancia de la articulación, lo que dificulta el diagnóstico de los procesos reumáticos de la articulación.

Articulación acromioclavicular (Fig. 6-54)

Se establece entre la clavícula y la escápula, y morfológicamente se clasifica como articulación plana. Desde el punto de vista funcional, está integrada dentro del complejo articular de la cintura escapular.

Superficies articulares

Están representadas por la faceta clavicular del acromion y por la faceta acromial de la clavícula. Ambas, son superficies planas revestidas de cartílago articular, orientadas, la del acromion hacia arriba y hacia dentro, y la de la clavícula en sentido opuesto. Esta disposición explica que en las luxaciones, la clavícula se desplace hacia arriba. Además, con frecuencia, la articulación se complementa por un pequeño **menisco**, o **disco articular**.

Cápsula articular y ligamentos

La **cápsula fibrosa** es gruesa y se inserta muy próxima al contorno de las superficies articulares. La cara profunda

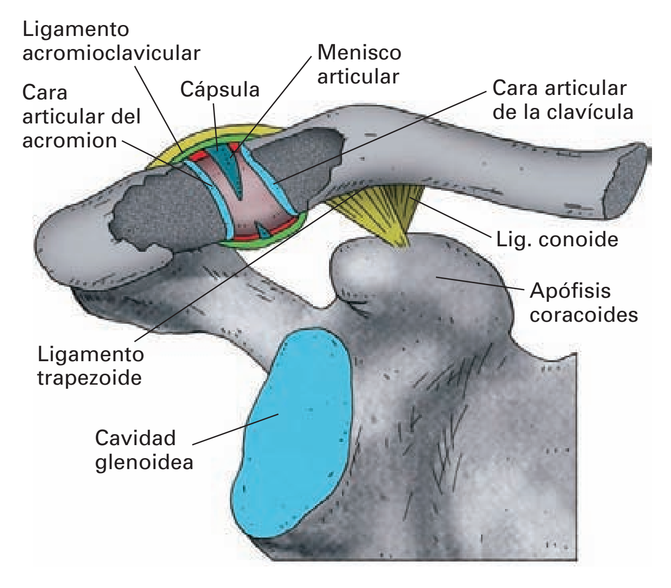


Figura 6-54. Sección frontal de la articulación acromioclavicular, visión anterior.

de la cápsula fibrosa está revestida de la **membrana sinovial**, que queda divida en dos cuando hay disco o menisco articular.

Dentro de los refuerzos ligamentosos hay que destacar el **ligamento acromioclavicular**, que refuerza la superficie superior de la cápsula fibrosa, y los **ligamentos coracoclaviculares**, que se disponen a distancia de la articulación entre la apófisis coracoides y la clavícula. Estos últimos comprenden el **ligamento trapezoide** (Fig. 6-54), compuesto por fibras oblicuas que van desde el borde interno de la coracoides a la línea trapezoidea de la cara inferior de la clavícula, y, posterior a él, el **ligamento conoide**, con forma de abanico, que se extiende desde la coracoides al tubérculo conoideo de la la clavícula. Entre los dos ligamentos se establece un ángulo ocupado con frecuencia por una pequeña bolsa sinovial.

Articulación coracoclavicular

En ocasiones, la coracoides y la clavícula están en contacto y establecen una articulación coracoclavicular.

Articulación escapulotorácica

Se denomina así al plano de deslizamiento que se establece entre la cara anterior de la escápula y la pared torácica, y que está condicionado por la presencia del músculo serrato. Este músculo es una lámina que se une por un extremo a la escápula y por el otro a los arcos costales, de forma que permite la elaboración de un plano de deslizamiento interserrato-escapular y un segundo plano interserrato-torácico.

Dinámica funcional de la cintura escapular

Las articulaciones esternoclavicular, acromioclavicular y lo que ha sido descrito como articulación escapulotorácica, independientemente de permitir cada una de ellas diferentes patrones de movilidad, forman en conjunto un complejo articular cuya significación funcional es producir desplazamientos de la escápula que habitualmente potencian los movimientos de la articulación del hombro. Se suele, por ello, hablar de *ritmo escápulo-humeral* para reflejar este hecho funcional. En el análisis funcional del complejo articular cabe distinguir: 1) el mantenimiento en posición de los elementos óseos durante la estática; 2) los movimientos individuales en cada unión articular; y 3) los desplazamientos globales de la escápula, que son los que van a tener repercusión funcional en el hombro.

Estática

El mantenimiento de la posición de la clavícula durante el reposo es un fenómeno pasivo dependiente de los ligamentos de la articulación esternoclavicular. La participación activa de músculos elevadores para sostener el complejo cleido-escapular solamente es necesaria en sujetos muy poco entrenados físicamente o cuando se aplica una carga sobre la cintura escapular.

A diferencia de la clavícula, la escápula está aplicada al tórax por acción de los músculos que se insertan en ella. Hay dos músculos fundamentales en el mantenimiento en posición de la escápula, el romboides y el serrato anterior. Cuando se atrofian estos músculos, la escápula aparece despegada de la pared torácica y su borde medial se proyecta sobre la piel de la espalda a modo de ala rudimentaria, que se denomina *escápula alata* (Fig. 6-55). Si se atrofia el romboides, la escapula alata aparece en reposo, *escápula alata estática*. Si se atrofia el serrato anterior, se produce durante el movimiento la *escápula alata dinámica*.

Movimientos individuales del complejo cleidoescapular

En la articulación esternoclavicaular la clavícula puede elevarse, descender y desplazarse hacia delante o atrás. El eje de estos movimientos es el ligamento costoclavicular, que por su situación condiciona que los desplazamientos del extremo externo sean opuestos a los del interno.

En la articulación acromioclavicular se producen pequeños movimientos de deslizamiento.

Finalmente, la escápula puede deslizarse sobre la pared torácica en la unión escapulotorácica.

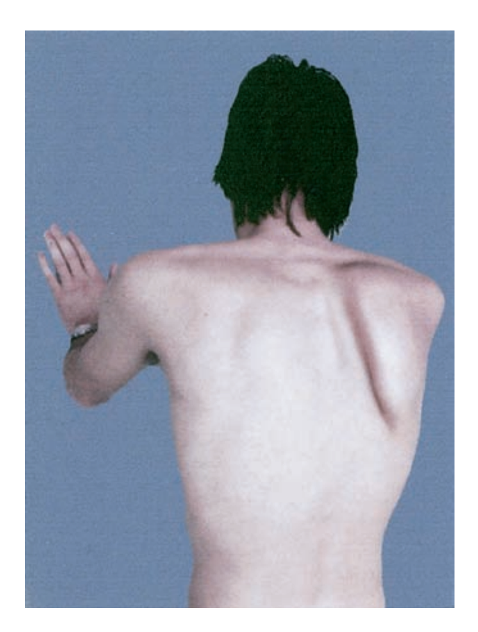


Figura 6-55. Escápula alata. Nótese el relieve levantado por el borde espinal de la escápula, más manifiesto al ejercer apoyo con las extremidades superiores sobre una pared.

Movimientos de la escápula

En conjunto, la cintura escapular posee tres grados de libertad de movimientos, que pueden describirse en referencia a los desplazamientos de la escápula, como elevación/descenso, protracción/retracción y rotaciones

Elevación/descenso (Fig. 6-56)

Durante la *elevación*, la escápula asciende deslizándose sobre la pared torácica (encogimiento de hombros). El mayor desplazamiento tiene lugar en la articulación esternoclavicular y se frena por la tensión del ligamento costoclavicular. En la articulación acromioclavicular sólo hay un pequeño deslizamiento.

Las **fuerzas motoras de la elevación** son la **porción descendente del músculo trapecio** y el **elevador de la escápula**. Estos músculos imprimen además una acción de rotación a la escápula que por su dirección opuesta se anulan entre sí (*sinergia concurrente*). En el movimiento puede intervenir, además, el segmento superior del **músculo serrato anterior**.

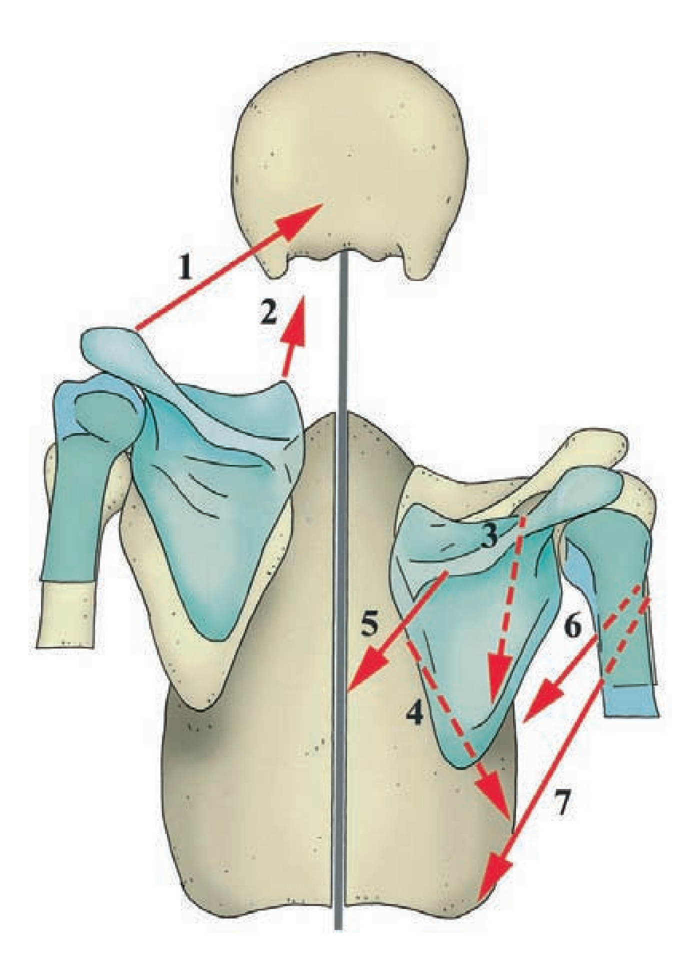


Figura 6-56. Movimiento de elevación (lado izquierdo) y descenso (lado derecho) de la cintura escapular. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras elevadoras: porción superior del trapecio (1), elevador de la escápula (2). Fuerzas motoras descendentes: pectoral menor (3), porción inferior del serrato anterior (4), porción inferior del trapecio (5), pectoral mayor (6), dorsal ancho (7).

El *descenso* es el movimiento opuesto a la elevación que se frena por los ligamentos interclavicular y esternoclavicular anterior y por el choque de la clavícula con la primera costilla. Con respecto a las **fuerzas motoras**, en condiciones de reposo y en posición bípeda, se realiza por la acción de la **gravedad**. Cuando requiere la participación activa muscular intervienen el **pectoral menor** y el **serrato anterior**, aunque también pueden contribuir la **porción descendente del trapecio**. Cuando el movimiento se hace contra resistencia (p. ej., ejercicio en las barras paralelas) contribuyen, actuando de forma indirecta sobre el húmero, el **dorsal ancho** y la **porción abdominal del pectoral mayor**, que evitan que la escápula sea arrastrada hacia arriba por la fuerza transmitida a través del brazo.

Protracción/retracción (Fig. 6-57)

Durante la *protracción* se desplazan hacia delante la escápula y el extremo externo de la clavícula, mientras que el extremo interno de la clavícula se desplaza ligeramente hacia adentro. El movimiento se frena por los ligamentos esternoclavicular anterior, las fibras posteriores del costoclavicular y los coracoclaviculares. Como **fuerzas motoras** del movimiento (Fig. 6-57A) intervienen los músculos **serrato anterior**, **pectoral menor** y la porción del **dorsal ancho** que se une al ángulo inferior de la escápula.

La *retracción* (Fig. 6-57B) es el movimiento opuesto a la protracción. En dicho movimiento, el hombro se desplaza hacia atrás y la escápula se aproxima a la línea media. Las **fuerzas motoras** principales son el **trapecio** y el **romboides**, y los frenos, el ligamento esternoclavicular posterior y las fibras anteriores del costoclavicular.

Rotaciones (Fig. 6-58)

Los movimientos de rotación se realizan según un eje anteroposterior que atraviesa la escápula por el centro, de forma que en la rotación externa la cavidad glenoidea de la escápula se desplaza hacia arriba, mientras que el ángulo inferior de la escápula se dirige hacia fuera. En la rotación interna la cavidad glenoidea se desplaza hacia abajo y el ángulo inferior de la escápula lo hace hacia adentro. Las dos rotaciones se acompañan del desplazamiento del húmero. En la rotación externa el húmero se eleva, mientras que en la interna el húmero desciende.

La *rotación externa* se realiza por la acción combinada de la **parte superior del trapecio** y la **parte inferior del serrato anterior** que actúan como un par de fuerzas.

La *rotación interna*, si no hay resistencia, se realiza por la acción de la **gravedad** e intervinien el **elevador de la escápula**, el **romboides** y el **pectoral menor** cuando se realiza contra resistencia. Si la resistencia es mayor, pueden intervenir el **pectoral mayor** y el **dorsal ancho**, a través del húmero.

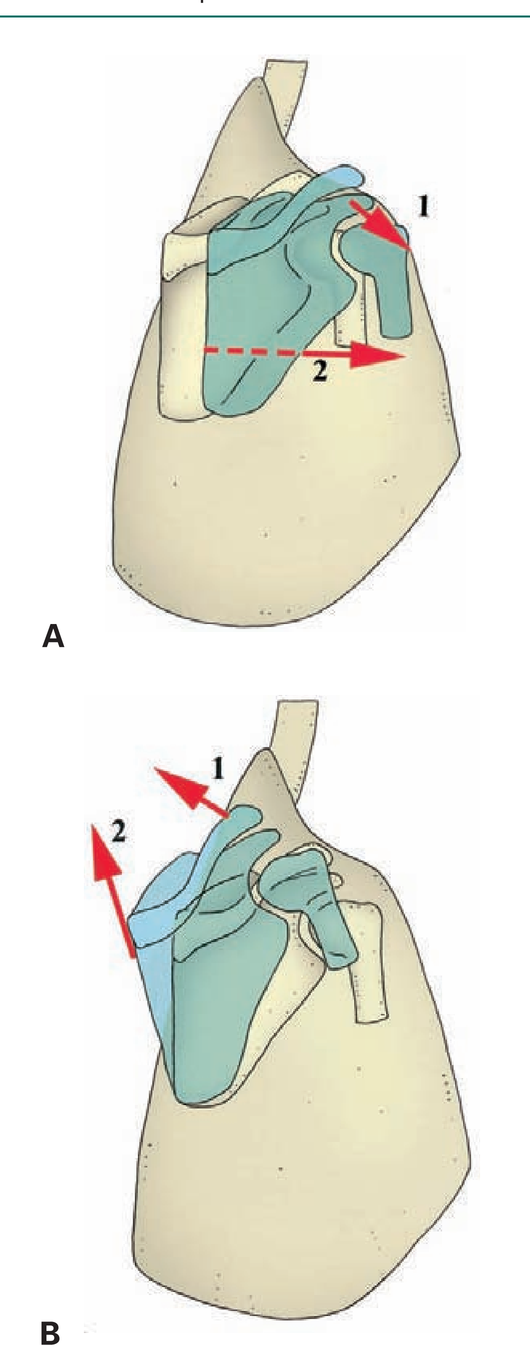


Figura 6-57. A. Movimiento de protracción de la cintura escapular. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras: pectoral menor (1), serrato anterior (2). B. Movimiento de retracción de la cintura escapular. Fuerzas motoras: trapecio (1), romboides (2).

ARTICULACIÓN ESCAPULOHUMERAL
(Figs. 6-59 y 6-64)

Es una articulación de tipo esférico (enartrosis) que se establece entre la escápula y el húmero. En el ser humano ocupa una posición característica en la parte más lateral

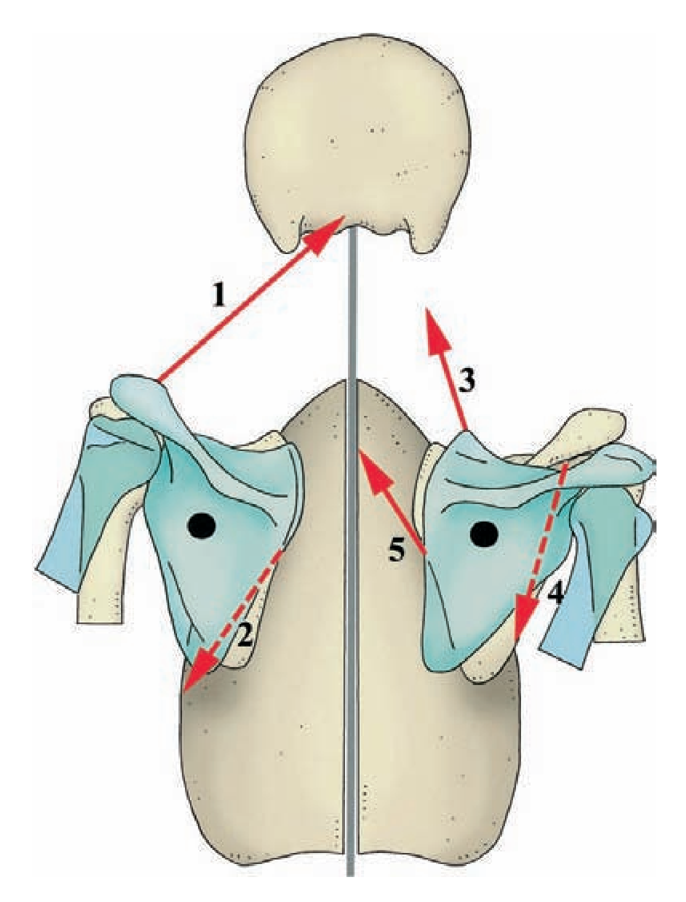


Figura 6-58. Movimiento de rotación o balanceo de la escápula. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Rotación externa (lado derecho) y rotación interna (lado izquierdo). Fuerzas motoras de la rotación interna: porción superior del trapecio (1) y porción inferior del serrato anterior (2) actuando sinérgicamente. Fuerzas motoras de la rotación externa: elevador de la escápula (3), pectoral menor (4) y romboides (5).

del tórax, que se diferencia de lo que ocurre en los cuadrúpedos donde la articulación está situada próxima a la línea media. Este hecho confiere al húmero mayor libertad de movimientos, aunque resta estabilidad a la articulación.

Superficies articulares (Figs. 6-63 y 6-64)

La superficies articulares están constituidas por la **cavidad glenoidea** de la escápula y la **cabeza del húmero**. La cavidad glenoidea está revestida de cartílago de grosor variable (más delgado en el centro, donde forma la *mancha glenoidea*, de aspecto amarillo grisáceo). La cabeza del húmero, también revestida de cartílago articular, mira hacia adentro, arriba y atrás, de forma que su eje es oblicuo con respecto al eje de la diáfisis humeral, con el que establece un ángulo de unos 135° (*ángulo de inclinación*).

El tamaño de la cavidad glenoidea es considerablemente menor que la cabeza del húmero. Este hecho es una

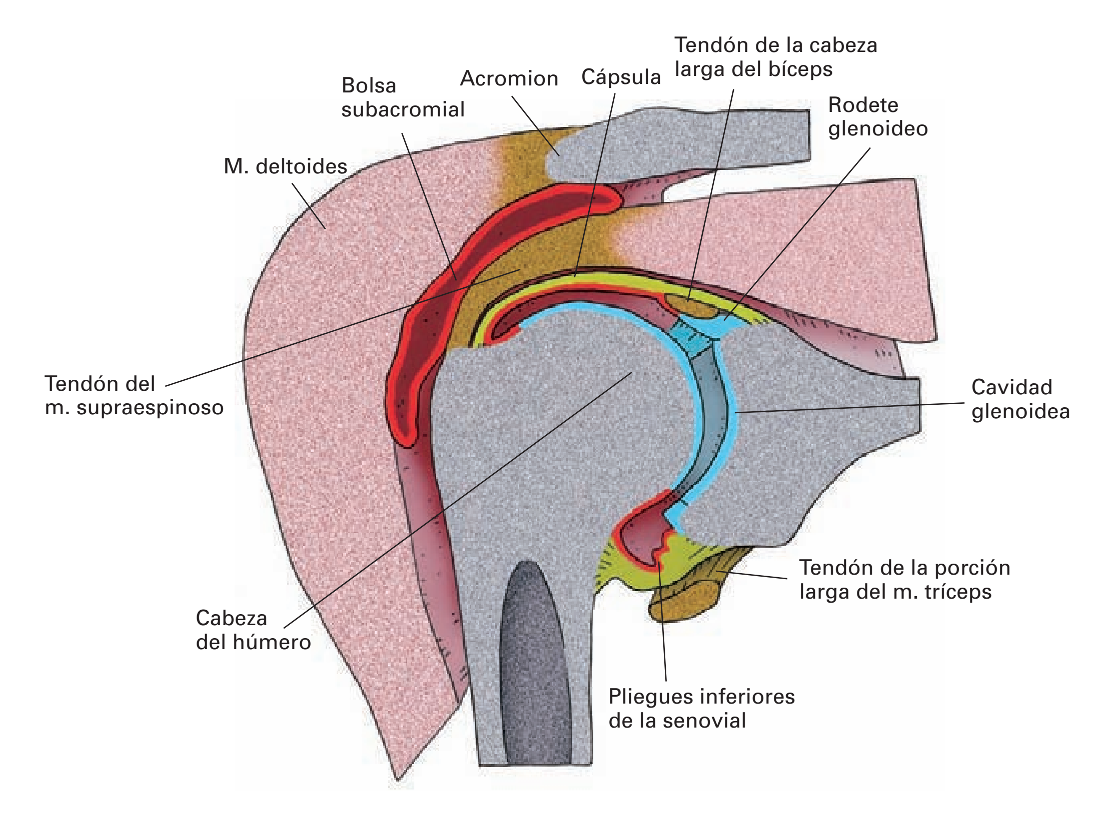


Figura 6-59. Sección frontal de la articulación escapulohumeral.

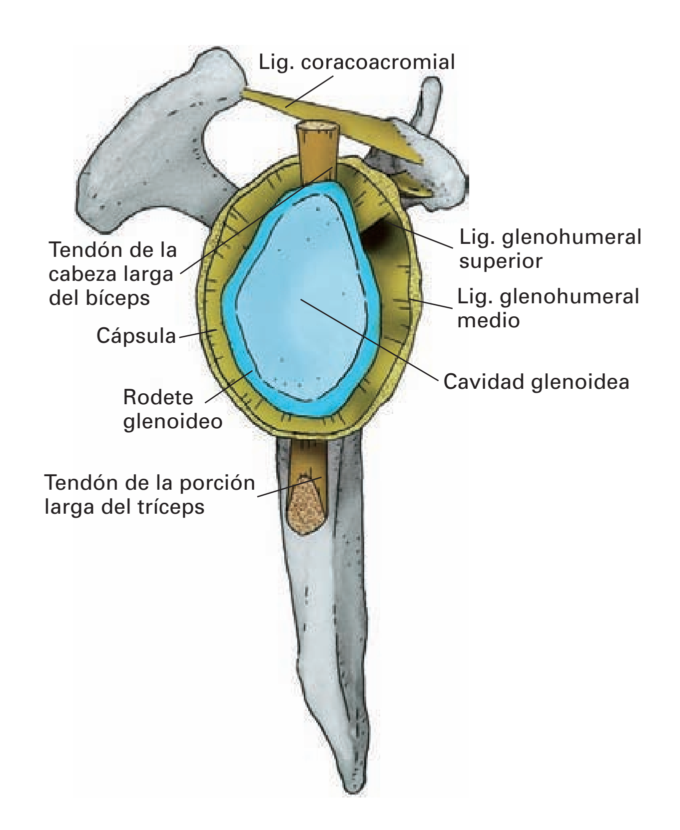


Figura 6-60. Visión externa de la cavidad glenoidea de la escápula tras abrir la articulación y retirar la superficie humeral.

característica de los primates, ausente en los animales cuadrúpedos, cuya significación funcional es aumentar la movilidad de la articulación, aunque se hace a expensas de reducir sus estabilidad.

Rodete glenoideo (Figs. 6-59 y 6-60)

El tamaño de la cavidad glenoidea se amplia por la existencia de un **rodete glenoideo** de fibrocartílago que extiende periféricamente a la superficie articular. El rodete se une por su base al contorno de la cavidad glenoidea y por su superficie no articular a la cápsula fibrosa y a los tendones de las cabezas larga del bíceps (arriba) y del tríceps (abajo). En la parte superior suele estar despegada del contorno de la cavidad glenoidea y toman el aspecto de un menisco articular.

Cápsula articular (Fig. 6-59 y 6-61)

La **cápsula fibrosa** es muy laxa. En la escápula se inserta en el reborde de la cavidad glenoidea y en la superficie periférica del rodete glenoideo. En la parte superior de la articulación la inserción de la cápsula se extiende hacia la base de la apófisis coracoides dejando dentro de la articulación la inserción de la porción larga del bíceps. En la parte baja de la articulación se suelda al tendón de la cabeza larga del tríceps.

La inserción humeral tiene lugar en el cuello anatómico, excepto en la zona inferointerna, donde se aleja de él más de 1 cm. En esta región la cápsula alcanza el cuello quirúrgico y la parte superior del cuerpo, lo que condiciona que la línea epifisaria sea intraarticular a este nivel.

La cápsula fibrosa posee dos aberturas constantes, una en la cara anterior de la articulación (*agujero oval*; Figs. 6-61 y 6-62) y otra en el extremo superior del surco intertuberositario (*canal bicipital*; Fig. 6-61). Este último orificio es utilizado por el tendón de la cabeza larga del bíceps para penetrar dentro de la articulación.

La **membrana sinovial** (Figs. 6-59 y 6-62) tapiza la cara profunda de la cápsula fibrosa y en la parte inferointerna de la articulación tapiza la porción intraarticular del húmero no revestida de cartílago articular, donde es característica la presencia de algunos pliegues. El tendón de la cabeza larga del bíceps, que penetra en la articulación por el canal intertuberositario, discurre bien entre la cápsula fibrosa y la sinovial, bien en una posición más profunda haciendo relieve dentro de la cavidad articular metido en un pliegue de la sinovial (Fig. 6-62); en ocasiones el tendón queda por completo aislado dentro de la cavidad articular revestido por una vaina sinovial independiente.

Manguito de los rotadores (Fig. 6-62)

Las fuerzas responsables de mantener la cohesión en esta articulación son principalmente los músculos periarticulares. Al grupo muscular responsable de este efecto se le conoce con el nombre de *manguito de los rotadores* (*cono músculo-aponeurótico de Poirier*) y comprende los músculos supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular. En las proximidades de sus inserciones humerales, el tendón de estos músculos está adherido a la cápsula fibrosa de la articulación.

Ligamentos (Fig. 6-61)

Además del manguito de los rotadores, hay refuerzos ligamentosos capsulares y extracapsulares.

Los ligamentos capsulares están representados por tres refuerzos fibrosos, los **ligamentos glenohumerales superior**, **medio** e **inferior**, que se disponen en la cara anterointerna de la articulación.

El superior se extiende desde la parte alta del rodete glenoideo y cuello de la escápula a la zona inmediatamente superior a la tuberosidad menor del húmero.

> Algunos autores consideran a este ligamento como homólogo del ligamento redondo de la cadera, mientras que otros sugieren que es un haz atrófico del músculo subclavio.

El medio se extiende entre la parte anterointerna del rodete glenoideo y el cuello de la escápula a la parte inferior del la tuberosidad interna del húmero.

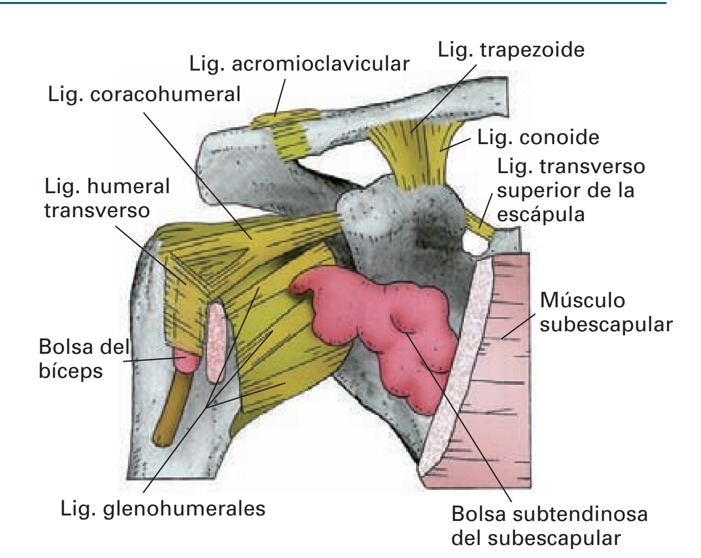


Figura 6-61. Visión anterior de la articulación escapulohumeral.

El inferior discurre desde en una posición más baja entre el contorno de la cavidad glenoide y la zona inferior a la tuberosidad menor del húmero.

El ligamento extracapsular más importante es el **ligamento coracohumeral**, que va desde el borde externo de la apófisis coracoides hacia la cabeza del humero, dividiéndose pronto en dos haces, uno que termina sobre la tuberosidad mayor y otro, sobre la tuberosidad menor. Entre los dos haces del ligamento coracohumeral se dispone un haz fibroso adicional, **ligamento humeral transverso**, que salta entre las tuberosidades mayor y menor transformando el surco intertuberositario en un conducto osteofibroso.

Bolsas periarticulares

Alrededor de la articulación de disponen un número importante de bolsas serosas que con frecuencia pueden estar en comunicación con la sinovial articular. Así, entre los ligamentos glenohumerales superior y medio la cápsula fibrosa está muy adelgazada o ausente, y se forma un ojal, el *agujero oval* (*Weitbrecht*), por donde la sinovial se evagina para formar la **bolsa subtendinosa del músculo subescapular** (Figs. 6-61 y 6-62). Con menos frecuencia se forma un ojal parecido (*orificio subcoracoideo de Rouviere*), entre los ligamentos medio e inferior, que da paso a una **bolsa subcoracoidea**. Del mismo modo, ya se ha descrito la existencia de una envoltura sinovial para el tendón de la porción larga del bíceps, la **bolsa del bíceps** (Fig. 6-61), que se extiende por el canal intertuberositario.

Otras bolsas serosas son habitualmente independientes de la sinovial articular. Dentro de éstas, reviste particular importancia la **bolsa subacromial**, que se dispone por encima del músculo supraespinoso separándolo del *arco*

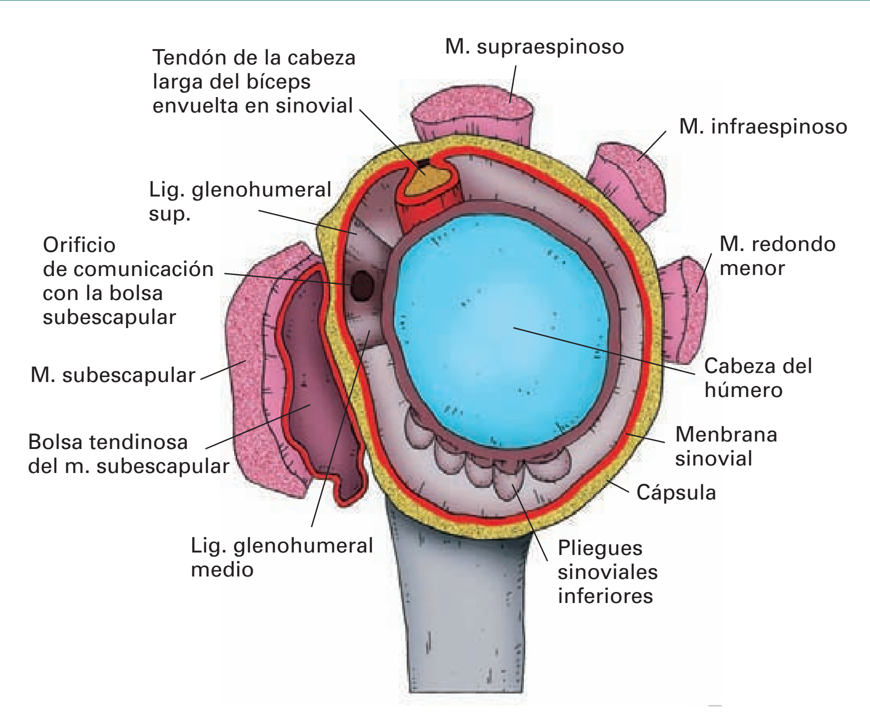


Figura 6-62. Articulación escapulohumeral abierta sagitalmente para observar la cabeza humeral y el comportamiento de la sinovial tras eliminar la escápula.

acromiocoracoideo (acromion, ligamento acromiocoracoideo y coracoides) y del deltoides. Esta bolsa es importante para la dinámica del supraespinoso y recibe el nombre *segunda articulación del hombro*.

Otras bolsas serosas

Bolsa del coracobraquial: se dispone entre el pico de la coracoides y la porción corta del bíceps y coracobraquial; puede soldarse a la subdeltoidea.

Bolsa subdeltoidea: se dispone entre el deltoides y el acromion.

Bolsas del pectoral mayor: son poco frecuentes. Una se sitúa en las proximidades del la zona de inserción en el húmero, donde el tendón presenta un pliegue (véase Pectoral mayor), y otra se dispone entre el tendón del pectoral mayor y el tendón del bíceps.

Bolsa del redondo mayor: se localizan entre el hueso y el tendón de este músculo.

Dinámica funcional de la articulación

La articulación escapulohumeral se caracteriza por su gran movilidad y por su gran inestabilidad. Por este motivo, el estudio funcional de la articulación exige analizar no sólo sus movimientos, sino también los mecanismos responsables de mantener la cohesión de los extremos articulares.

Estabilidad articular

A pesar de que el trayecto del tendón de la cabeza larga del bíceps sugiere un papel en el mantenimiento en posición del húmero en reposo, esta función es en gran medida dependiente del ligamento coracohumeral, ya que electro-

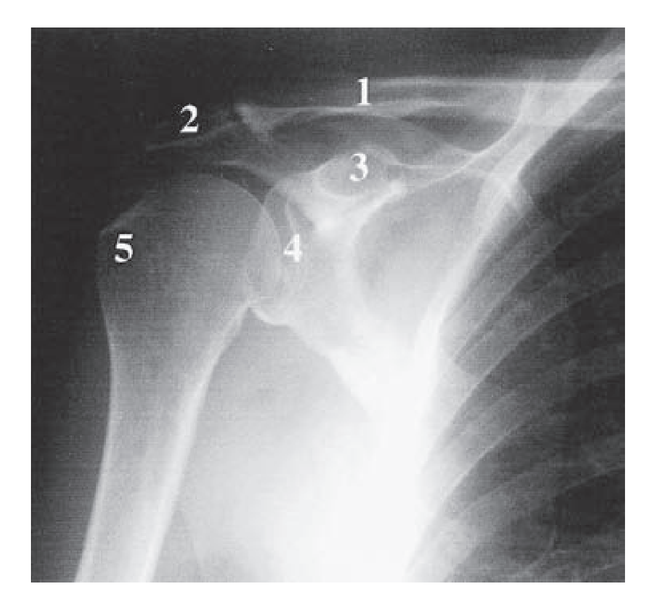


Figura 6-63. Radiografía anteroposterior del hombro. 1) clavícula; 2) acromion; 3) apófisis coracoides; 4) cavidad glenoidea; 5) tuberosidad mayor del húmero.

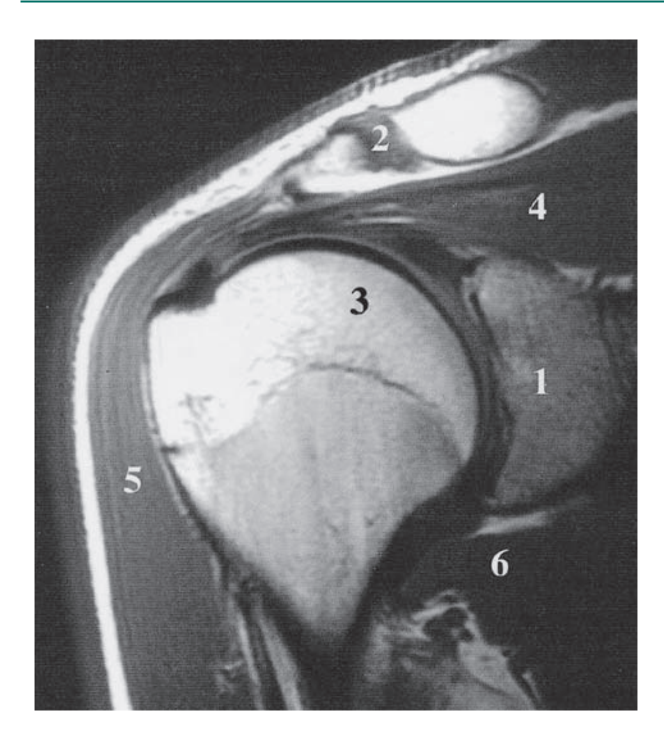


Figura 6-64. RM coronal oblicua del hombro. 1) escápula; 2) articulación acromioclavicular; 3) cabeza del húmero; 4) músculo supraespinoso; 5) músculo deltoides; 6) músculo subescapular.

miográficamente, con la excepción del músculo supraespinoso y de las fibras más posteriores del deltoides, no hay actividad en reposo en los músculos del hombro.

Durante el movimiento, los tendones de los músculos periarticulares (*manguito de los rotadores*) desepeñan un papel importante como ligamentos activos que mantienen la cohesión de los extremos articulares y sus alteraciones son causa de inestabilidad articular.

Luxación del hombro

Las luxaciones del hombro son las más frecuentes de todo el organismo y cuando afectan a personas jóvenes (menos de 20 años) tienden a hacerse recidivantes debido a los desgarramientos que se producen en la cápsula articular. La forma más habitual es la denominada luxación anterior, que ocurre tras una extensión y rotación lateral exagerada. La cabeza del húmero es desplazada inicialmente en una dirección anteroinferior situándose por debajo de la cavidad glenoidea; luego, debido a la contractura de los músculos periarticulares, la cabeza se desplaza hacia arriba para ocupar una posición subcoracoidea. Los pacientes se sujetan el brazo en posición de ligera separación y rotación externa. Las luxaciones posteriores son menos frecuentes y el húmero adopta una postura opuesta de aproximación y rotación interna.

Movimientos de la articulación

Desde el punto de vista funcional, el hombro es una articulación superficial con tres grados de libertad: flexo/extensión; separación/aproximación y rotaciones.

Separación-aproximación *(abducción/aducción)*

Son desplazamientos en el plano frontal que se realizan sobre un eje anteroposterior. Durante la separación, el brazo se aleja del tronco y cuando sobrepasa la horizontal, el movimiento recibe el nombre de **elevación**. Durante los movimientos de separación y elevación el espacio delimitado por debajo del arco acromiocoracoideo se hace muy estrecho y el final del movimiento exige una rotación externa del húmero para evitar el choque entre las tuberosidades y el arco (Fig. 6-65C). Hay que tener en cuenta que entre el húmero y el arco acromiocoracoideo discurre el tendón del músculo supraespinoso y la bolsa subacromial, que pueden ser pinzados entre ambas estructuras y dar origen a un *hombro doloroso*.

El movimiento se separación y aproximación se realiza de forma mixta en la articulación escápulo-humeral y en el cinturón escapular (Fig. 6-65). De los 180° posibles de movimiento de separación-elevación, en la articulación escapulohumeral se realizan solamente 100 ó 120°. El resto (55-65°) depende de una rotación externa de la escápula (Fig. 6-65B). Los movimientos del húmero y de la escápula son simultáneos (*ritmo escapulohumeral*), de forma que de cada 15° de movimiento 10 corresponden al húmero y 5 a la rotación de la escápula. La excepción a esta regla tiene lugar en los primeros 25-30° de movimiento en los que únicamente se desplaza el húmero.

En la *separación* (Fig. 6-65A) la **fuerza motora** más importante de la separación es el **deltoides**, la cual es complementada por **subescapular**, **infraespinoso y redondo menor** y especialmente por el **supraespinoso**.

El deltoides tira de la parte superior de la diáfisis humeral hacia arriba y hacia fuera, y el subescapular, el infraespinoso y el redondo menor actúan sinérgicamente tirando de las tuberosidades del húmero hacia abajo y hacia adentro para evitar el deslizamiento del húmero hacia arriba, lo que podría dar lugar a su luxación.

La acción del supraespinso en el movimiento es compleja. La separación ocurre sin problemas si experimentalmente se anestesia al músculo. Sin embargo, la estimulación eléctrica del supraespinoso causa una separación del húmero y electromiográficamente se comprueba que el músculo es activado en los movimientos de separación. Se han propuesto dos funciones para el supraespinoso: a) por un lado, el músculo actuaría como un iniciador del movimiento (*starter*) para colocar al húmero en posición adecuada para que actúe el deltoides; b) por otro lado, tendría un papel estabilizador en el movimiento manteniendo la cabeza del húmero en contacto con la cavidad glenoidea para evitar el movimiento no deseado de tras-

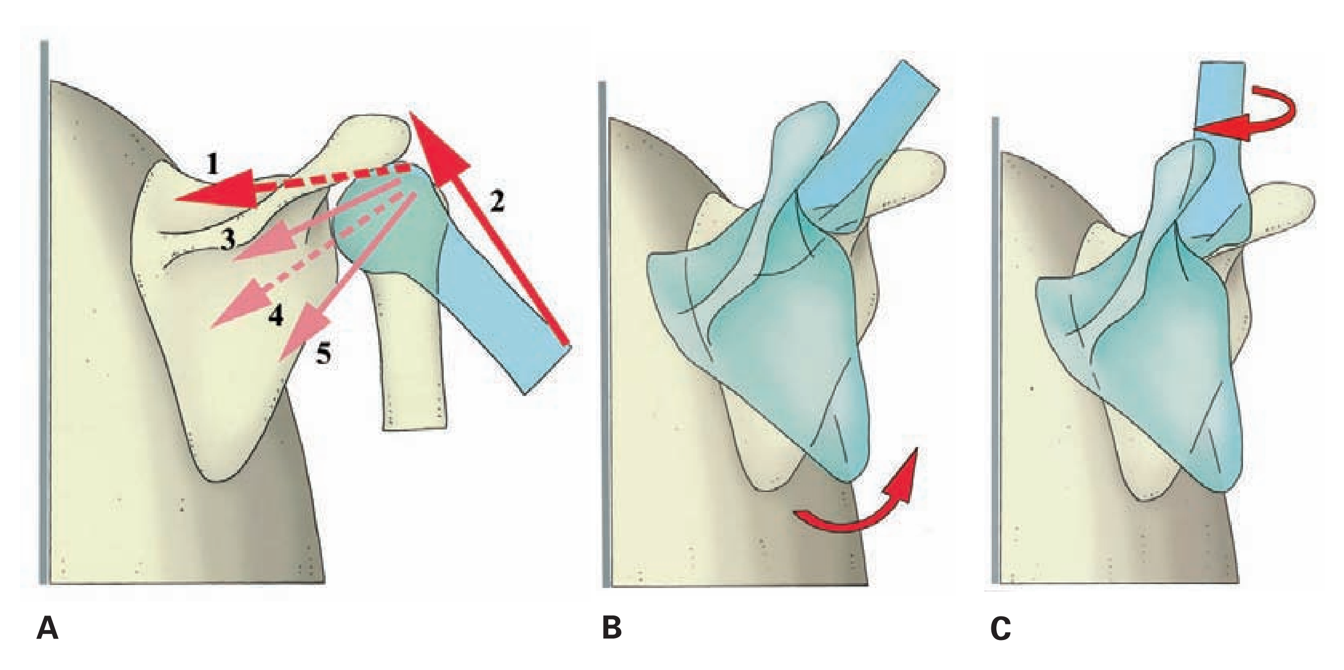


Figura 6-65. Movimiento de separación del húmero. La palancas escapular y humeral desplazadas se representan en azul. A. Fase de elevación hasta la horizontal (sólo se representa el movimiento del húmero). B. Fase de elevación casi hasta la vertical (representando la rotación externa de la escápula). C. Fase de elevación a la vertical (representando la rotación del húmero. Representación de las fuerzas motoras separadoras que actúan sobre el húmero en las fases A y B: supraespinoso (1), deltoides (2), infraespinoso (3), subescapular (4), redondo menor (5). No se representan las fuerzas motoras que rotan la escápula o giran el húmero.

lación de la cabeza debida a la posición del eje del movimiento.

> En caso de parálisis del deltoides, el movimiento de separación puede recuperarse mediante el entrenamiento de la cabeza larga del bíceps. Esta acción requiere realizar una rotación externa para dar momento de fuerza al tendón del bíceps.

El movimiento de *aproximación* (Fig. 6-66) es el opuesto a la separación y si no hay carga se realiza por la **gravedad**. Cuando el movimiento se hace contra resistencia intervienen la fibras más inferiores del **pectoral mayor** y el **dorsal ancho** junto con el **redondo mayor** y **coracobraquial**. En este caso, la porción posterior del deltoides evita la rotación interna no deseada que causan el pectoral mayor y el dorsal ancho.

Flexión/extensión (Fig. 6-67 y 6-68)

La flexión/extensión se realiza según un eje horizontal perpendicular a la cavidad glenoidea que pasa por la cabeza del húmero. En la flexión, el húmero se desplaza hacia delante y en la extensión, hacia atrás. Al igual que el movimiento de separación/aproximación, las flexoextensiones se acompañan de rotaciones de la escápula. La flexión alcanza una amplitud de 90° en la articulación escapulohumeral que se amplían hasta 180° por la participación de la cintura escapular. La extensión desde la posición anatómica tiene una amplitud máxima de unos 50-60°.

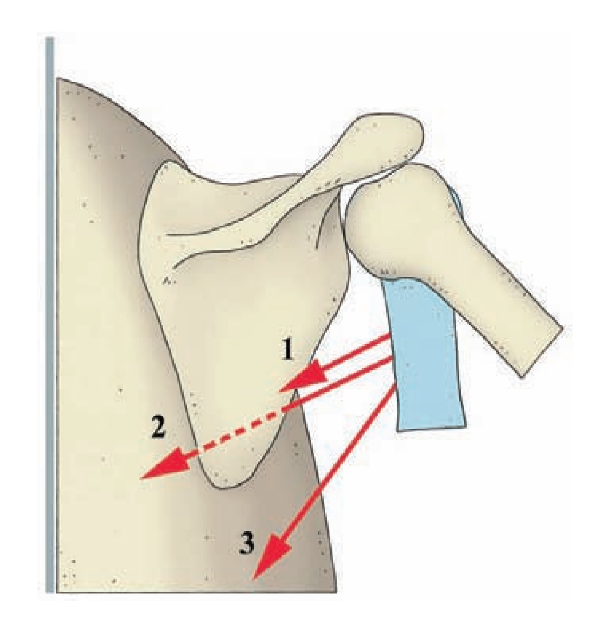


Figura 6-66. Movimiento de aproximación del húmero. La palanca humeral desplazada se representa en azul. Fuerzas motoras aproximadoras: redondo mayor (1), pectoral mayor (2), dorsal ancho (3).

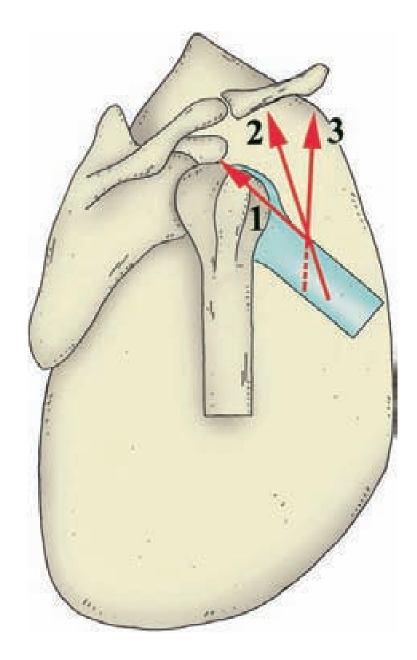


Figura 6-67. Movimiento de flexión del húmero. La palanca humeral desplazada se representa en azul. Fuerzas motoras flexoras: coracobraquial (1), porción clavicular del deltoides (2), porción clavicular del pectoral mayor (3).

La *fuerza motoras flexoras* (Fig. 6-67) son: la **porción clavicular del pectoral mayor**, la porción **anterior del deltoides** y el **coracobraquial**. El bíceps participa como estabilizador de la cabeza humeral.

Las *fuerzas extensoras* (Fig. 6-68) son: **porción posterior del deltoides**, **redondo mayor**, **dorsal ancho**, **porción abdominal del pectoral mayor** y **cabeza larga del tríceps**.

Rotaciones (Figs. 6-69 y 6-70)

Se producen según un eje de giro vertical que prolonga la diáfisis humeral. La exploración de este movimiento debe de hacerse con el codo flexionado, ya que de lo contrario el movimiento puede confundirse con pronaciones y supinaciones del codo. El movimiento de rotación interna (55°) alcanza valores superiores a la rotación externa (35°)

Las *fuerzas rotadoras internas* (Fig. 6-69) son: **pectoral mayor**, **dorsal ancho**, **redondo mayor**, **subescapular** y **porción anterior del deltoides**.

Las *fuerzas rotadoras externas* (Fig. 6-70) son **infraespinoso**, **redondo menor** y **porción posterior del deltoides**.

Hombro doloroso

El síndrome del hombro doloroso es un cuadro clínico muy frecuente. Dentro de las causas que pueden desencadenarlo hay que mencionar muy especialmente las inflamaciones del tendón del supraespinoso y de la bolsa subacromial. El proceso puede iniciarse por la

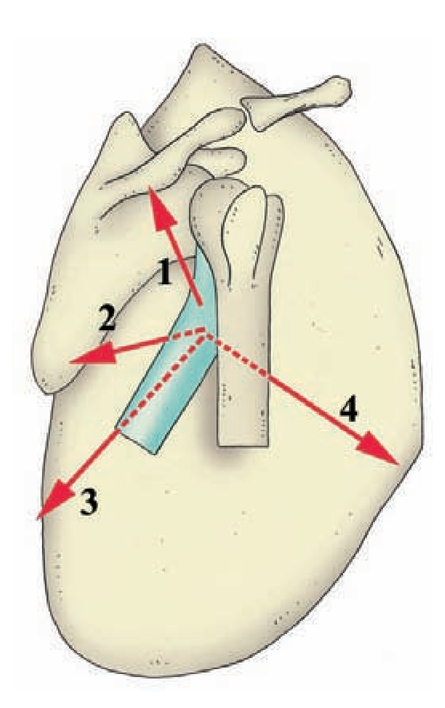


Figura 6-68. Movimiento de extensión del húmero. La palanca humeral desplazada se representa en azul. Fuerzas motoras extensoras: porción espinal del deltoides (1), redondo mayor (2), dorsal ancho (3), porción abdominal del pectoral mayor (4).

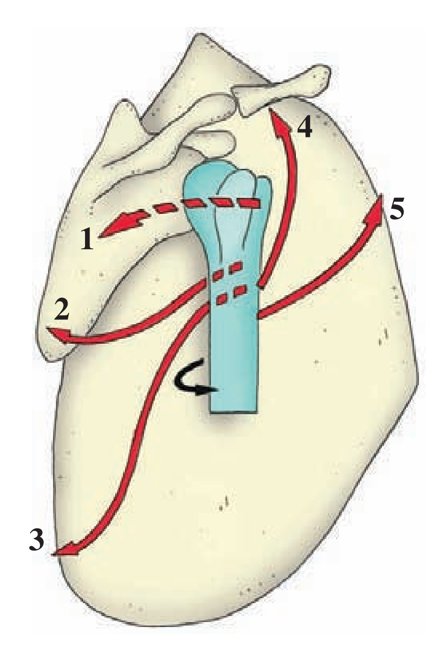


Figura 6-69. Movimiento de rotación interna del húmero. Fuerzas motoras rotadoras: subescapular (1), redondo mayor (2), dorsal ancho (3), porción clavicular del deltoides (4), porción esternoclavicular del pectoral mayor (5).

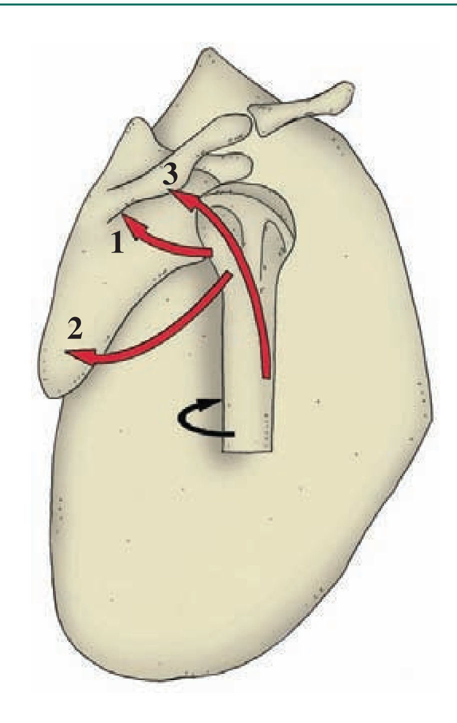


Figura 6-70. Movimiento de rotación externa del húmero. Fuerzas motoras rotadoras: infraespinoso (1), redondo menor (2), porción espinal del deltoides (3).

compresión de estas estructuras entre la tuberosidad mayor del húmero y el arco acromioclavicular. Cuando la lesión no se trata adecuadamente, puede provocar calcificaciones y roturas del tendón. En algunas ocasiones se requiere seccionar quirúrgicamente el arco acromiocoracoideo para evitar la compresión del tendón del supraespinoso. La afectación de los tendones y bolsas serosas de otros músculos periarticulares, como el subescapular, también pueden ser causa de hombro doloroso.

ARTICULACIÓN DEL CODO
(Figs. 6-71 a 6-77)

Es una articulación compleja que, si bien morfológicamente es única, se compone de tres pares de superficies articulares; humerocubital, humeroradial y radiocubital proximal, y realiza dos tipos de movimientos; flexoextensiones y pronosupinaciones. La unión húmero-cubital es morfológicamente una tróclea y funcionalmente permite las flexoextensiones. La unión radio-cubital proximal incluye la presencia adicional de una formación fibrosa articular, el **ligamento anular**, y es morfológicamente una articulación trocoidea (trochus) que permite rotaciones denomi-

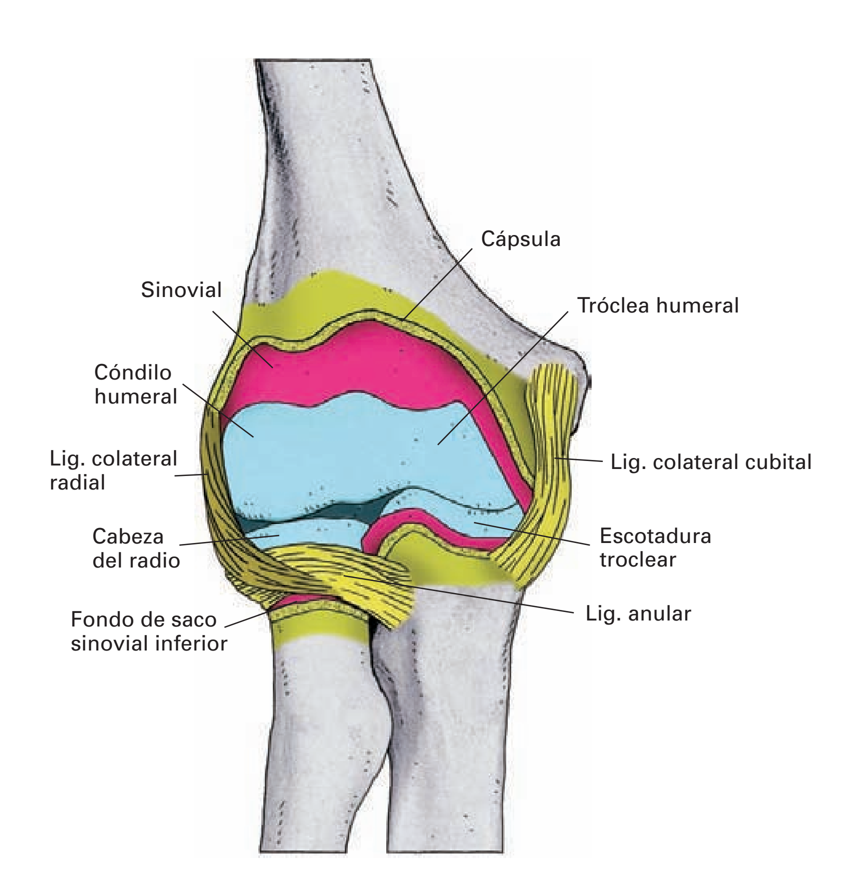


Figura 6-71. Visión anterior de la articulación del codo tras abrir una amplia ventana en la cápsula articular.

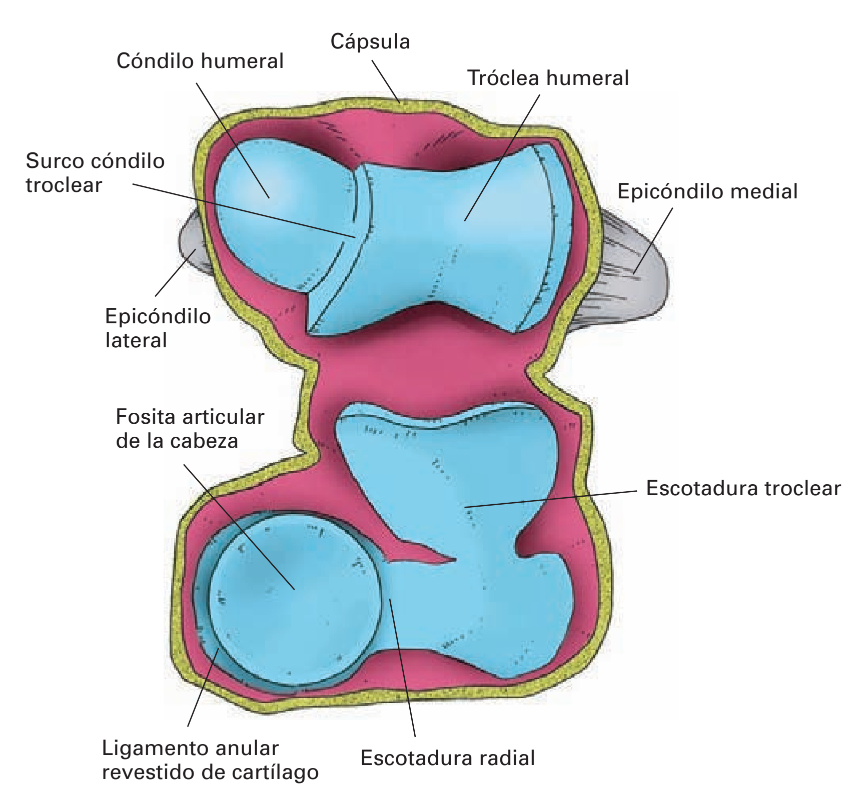


Figura 6-72. Superficies articulares del codo tras abrir la cápsula articular por delante y reclinar los segmentos braquial y antebraquial.

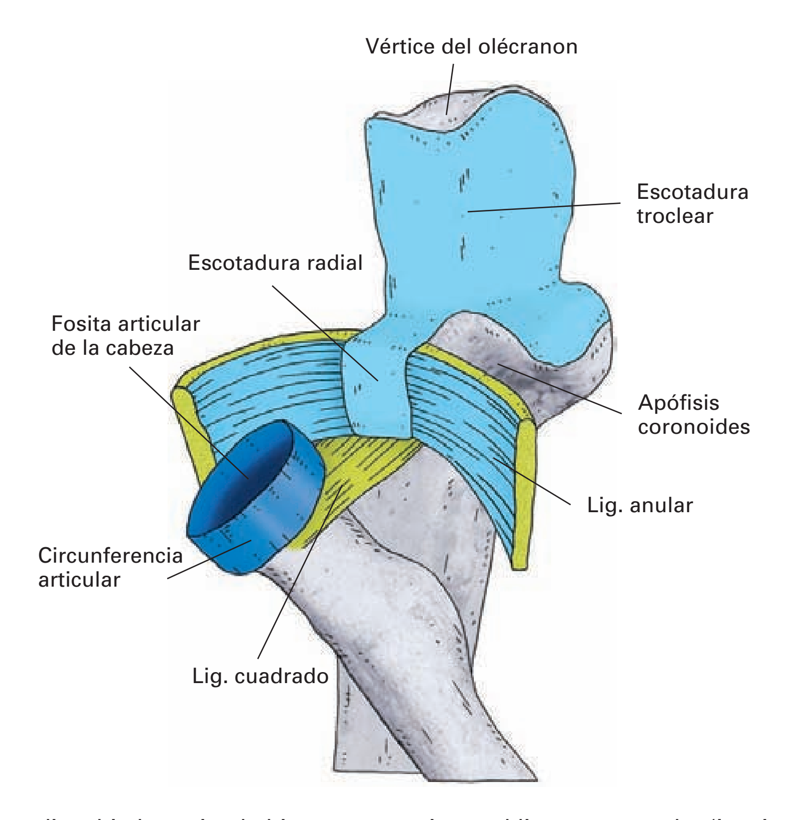


Figura 6-73. Articulación radiocubital proximal abierta tras seccionar el ligamento anular (inspirado en Testut).

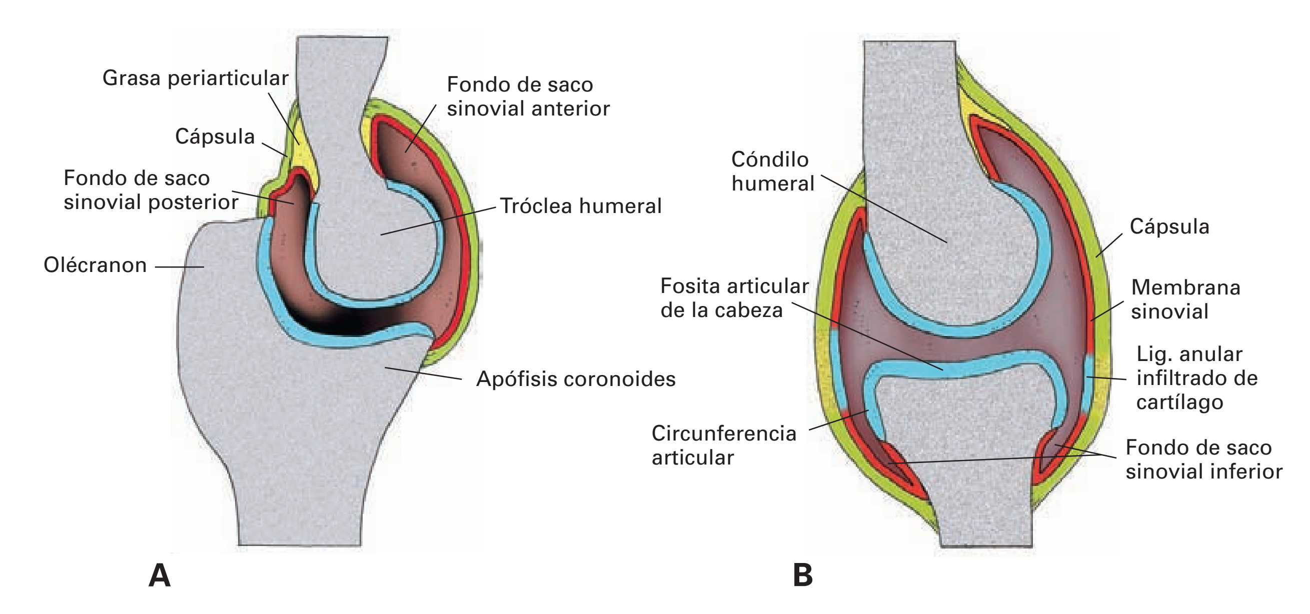


Figura 6-74. Secciones sagitales de la articulación del codo. A) Nivel de la articulación humerocubital. B) Nivel de la articulación humerorradial.

nadas movimientos de prono-supinación. La unión húmero-radial es una enartrosis y toma parte en los movimientos de las otras dos uniones articulares.

Superficies articulares

Las superficies articulares óseas (Fig. 6-77) del codo son: la **tróclea** y el **cóndilo** por parte del húmero; la **escotadura troclear** y la **escotadura radial** por parte del cúbito; y la **fosita articular** y la **circunferencia articular de la cabeza**, por parte del radio. Todas estas superficies se encuentran revestidas de cartílago articular y se complementan por el **ligamento anular**.

El **ligamento anular** (Figs. 6-71 y 6-73) es una cinta fibrosa que se extiende del margen anterior al margen posterior de la escotadura radial del cúbito rodeando la cabeza del radio. Su cara interna está cubierta de una fina capa de cartílago articular y está en contacto con la circunferencia articular de la cabeza radial. Por su cara periférica se adhiere a la cápsula fibrosa del codo. En conjunto, por tanto, forma un segmento de anillo de aproximadamente 1 cm de altura cuya abertura inferior es ligeramente más estrecha que la superior, por lo que tiende a retener la cabeza del radio.

Cápsula articular (Figs. 6-71, 672 y 6-74)

La **cápsula fibrosa** forma un manguito que cubre todo el complejo articular. Por su extremo superior se inserta en el húmero siguiendo el siguiente contorno: por delante se inserta alejada de la superficie articular siguiendo el borde superior de las fositas coronoidea y radial; lateralmente contornea el margen externo del cóndilo dejando al epicóndilo lateral fuera de la articulación; por el margen interno deja al epicóndilo medial por fuera de la articulación; y en el plano posterior se aleja de la superficie articular insertándose en la zona media de la fosa olecraneana. Por su extremo inferior se inserta en el cúbito y en el radio. En el cúbito la inserción se realiza muy próxima al contorno de cartílago articular salvo en la cara externa y superior del olécranon donde está algo alejada del cartílago dejando dentro de la articulación al pico y margen externo del olécranon. En el radio se inserta en el cuello a unos 5 mm del contorno articular del la cabeza.

La **membrana sinovial** tapiza la cara profunda de la cápsula fibrosa excepto a nivel del ligamento anular, donde se interrumpe por ser esta estructura una superficie articular. En los puntos donde la inserción de la cápsula fibrosa se aleja de las superficies articulares, la sinovial se refleja para revestir toda la superficie ósea intraarticular desprovista de revestimiento de cartílago; se forma de esta manera un *fondo de saco anterior* a nivel de la fosas supratroclear y radial, un *fondo de saco posterior* a nivel de la fosa olecraneana y un *fondo de saco inferior* de forma anular que rodea la porción intraarticular del cuello del radio.

En algunos regiones de la articulación, la sinovial se encuentra elevada por la acumulación de pelotones grasos entre la fibrosa y la sinovial. Estos pelotones adiposos cumplen la función de ocupar los espacios vacíos que se forman al cambiar la configuración de la cavidad articular en los movimientos.

Ligamentos

Son en su mayoría refuerzos fibrosos de la cápsula. Por su disposición se distinguen:

Ligamento colateral cubital (Figs. 6-71 y 6-75): que se compone de tres haces o bandas, anterior, posterior y transversa. El haz anterior se originan en el epicóndilo medial y termina en la parte anterointerna de la apófisis coronoides. El haz posterior (*ligamento de Bardinet*[16]) se extiende desde el epicóndilo medial hasta la cara interna del olécranon. La banda transversa (*ligamento de Cooper*) se extiende entre la apófisis coronoides y el olécranon uniendo los extremos de la banda anterior y la posterior. De los tres componentes. el haz anterior es el más importante para conferir estabilidad al codo.

Ligamento colateral radial (Figs. 6-71 y 6-76): arranca del epicóndilo lateral y desciende formando tres haces: el anterior termina en el margen anterior de la escotadura radial del cúbito; el medio en el margen posterior del la escotadura radial y el posterior en el borde externo del olécranon.

Ligamento cuadrado (*ligamento de Dénucé*[17]; Fig. 6-73): es un potente engrosamiento de la cápsula situado por debajo de la articulación radiocubital. Tiene forma cuadrilátera y se extiende entre el borde inferior de la escotadura radial del cúbito y la parte interna del cuello del radio.

[16] Bardinet (1814-1874) anatomista y cirujano francés.
[17] Ligamento descrito por Dénucé en su tesis doctoral (1854).

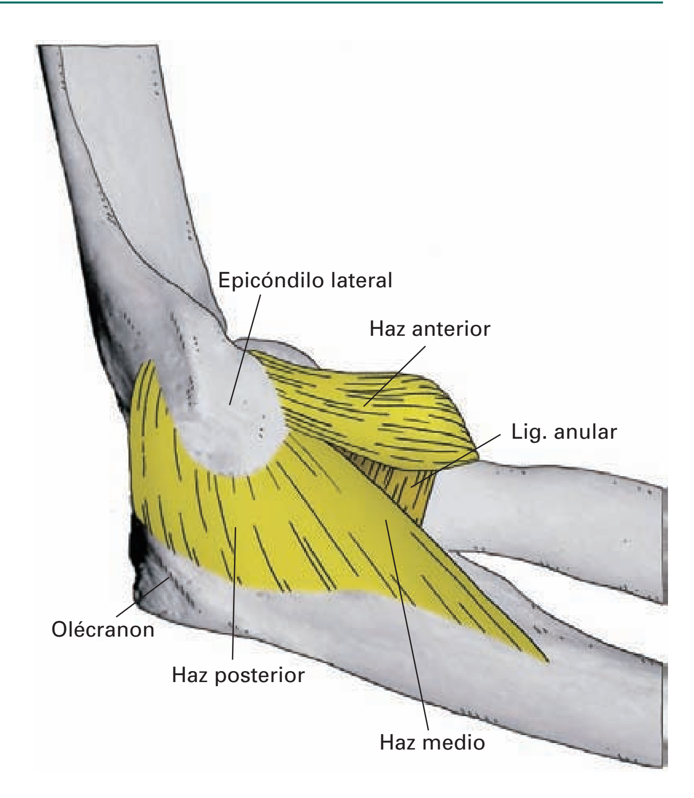


Figura 6-76. Visión lateral de la articulación del codo para representar el ligamento colateral radial.

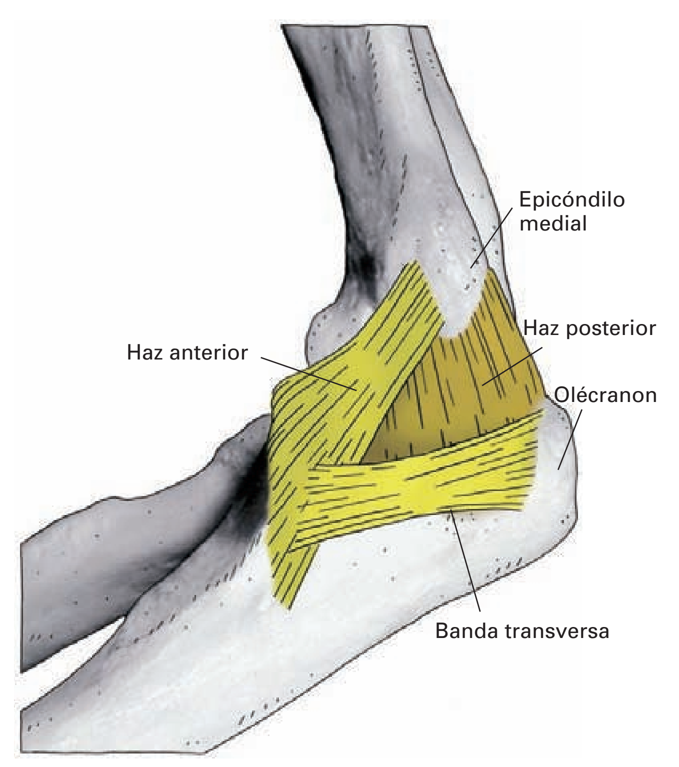


Figura 6-75. Visión medial de la articulación del codo para representar el ligamento colateral cubital.

En el plano anterior y posterior de la articulación se han descrito refuerzos de la cápsula con el nombre de *ligamentos anterior* y *posterior* del codo. El ligamento anterior se origina con la cápsula fibrosa en la cara anterior del húmero y converge hacia el borde externo de la apófisis coronoides. El ligamento posterior está poco desarrollado y comprende fibras oblicuas, fibras horizontales y fibras verticales.

Dinámica funcional de la articulación

El codo, a diferencia del hombro, es una de las articulaciones más estables del organismo y desde el punto de vista funcional debe de ser considerada como una articulación doble. El primer componente está formado por la unión entre húmero y cúbito y radio, y se estudiará en el presente capítulo. El segundo componente forma parte del complejo articular entre cúbito y radio y se analizará funcionalmente junto con las demás uniones de los huesos del antebrazo.

Estabilidad articular

Tres factores determinan la gran estabilidad que posee el codo. Por un lado, la forma de la superficies articulares,

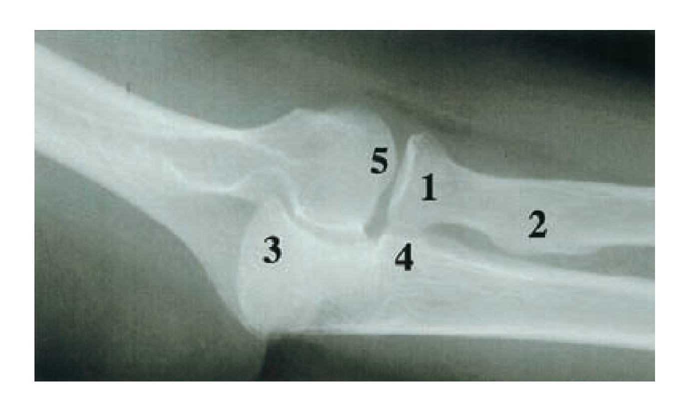


Figura 6-77. Radiografía lateral del codo. 1) Cabeza del radio. 2) Tuberosidad del radio. 3) Olécranon. 4) Apófisis coronoides. 5) Cóndilo humeral.

que, como ha sido descrito, son irregulares y complementarias entre sí. El segundo factor son los ligamentos colaterales; en particular la banda anterior del ligamento colateral cubital es un factor fundamental para mantener la cohesión entre los extremos articulares (la lesión de este fascículo es prácticamente constante en las *luxaciones recidivantes del codo*). Finalmente, el manguito muscular formado por el tríceps, bíceps, braquial, braquiorradial y el tendón común de los flexores y de extensores que se insertan en los epicóndilos, contribuye también a dar estabilidad a la articulación. La máxima estabilidad de la articulación se obtiene cuando el antebrazo está flexionado en ángulo recto en una posición intermedia de prono-supinación. Por esta razón, la extremidad superior adopta una flexión del codo al realizar finas manipulaciones con la mano (p. ej., al escribir).

> A pesar de la estabilidad de la articulación, las luxaciones del codo son relativamente habitual. Una luxación frecuente en los niños es la de la cabeza del radio, debido a que ésta, hasta los 4 ó 5 años, es cartilaginosa y de tamaño proporcionalmente menor que la del adulto. En estas condiciones, al tirar con fuerza de la mano del niño (p. ej., para evitar que se caiga al llevarle un adulto de la mano) la cabeza del radio es extraída del anillo que forma el ligamento anular.

Movimientos

La unión humerocubital se comporta como una articulación uniaxial que realiza *movimientos de flexoextensión.* Sin embargo, de forma pasiva se pueden producir pequeños movimientos accesorios de separación y aproximación.

El movimiento de flexoextensión (Figs. 6-78 y 6-79) se ejecuta según un eje transversal que pasa por los epicóndilos y se acompaña de un ligero componente de rotación debido a la forma de las superficies óseas. Durante la extensión, el cúbito se prona (la palma de la mano se orienta hacia atrás), mientras que en la flexión se supina (la palma de la mano se orienta hacia delante). Debido también a la morfología de las superficies articulares, en la posición anatómica, en la que el codo está extendido y la palma de la mano mira al frente (supinación), el antebrazo y el brazo no están alineados sino que forman un ángulo de unos 163° abierto hacia fuera (valgo fisiológico).

La flexión realizada por la contracción activa de las fuerzas motoras posee un límite de unos 145°, pero como no posee frenos óseos o ligamentosos puede ampliarse,

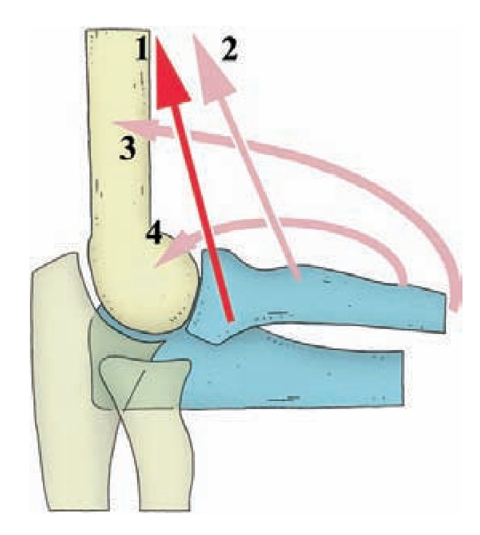


Figura 6-78. Movimiento de flexión del codo. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras flexoras: braquial (1), bíceps braquial (2), braquiorradial (3), pronador redondo (4). El color rojo intenso señala el músculo motor primario.

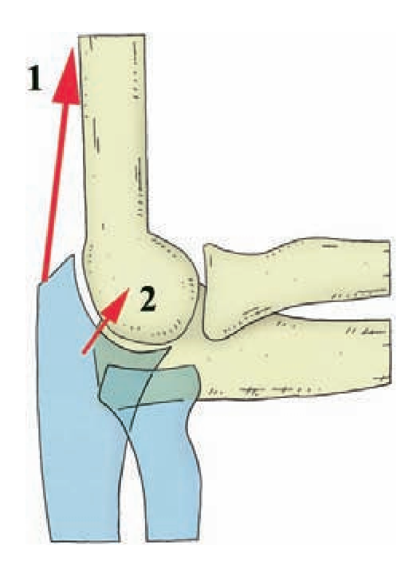


Figura 6-79. Movimiento de extensión del codo. Las palancas óseas desplazadas (a partir de una flexión previa) se representan en azul. Fuerzas motoras extensoras: tríceps braquial (1), ancóneo (2).

empujando extrínsecamente el antebrazo, hasta 160°. A partir de esta amplitud el movimiento se limita por el choque del brazo con el antebrazo (choque de partes blandas). La extensión se frena por la tensión de la cápsula fibrosa, y el tono de los músculos flexores y, en algunos individuos, puede llegar a frenarse por el choque del pico del olécranon con la fosa olecraneana.

Las *fuerzas motoras de la flexión* (Fig. 6-78) están constituidas por el **músculo braquial**, que es el motor primario, al que se suman el **bíceps** y el **braquiorradial** cuando el movimiento se realiza de forma rápida o contra resistencia. De manera menos importante también puede participar el **pronador redondo**.

La *extensión* (Fig. 6-79) es el movimiento de reposición del antebrazo a la posición anatómica desde la flexión y cuando no se hace contra resistencia se realiza por la *gravedad*. Cuando la extensión se hace de forma activa, las *fuerzas motoras* que intervienen son el **tríceps** y el **ancóneo**.

ARTICULACIONES RADIOCUBITALES

Las dos piezas óseas del antebrazo, el cúbito y el radio, se encuentran unidas por sus extremos mediante articulaciones sinoviales, las articulaciones radiocubital proximal y distal, y además sus diáfisis están unidas por formaciones fibrosas, la cuerda oblicua y la membrana interósea, configurando lo que se ha denominado *unión radiocubital media*. Desde el punto de vista funcional, este complejo de unión constituye el fundamento anatómico de los movimientos de prono-supinación del antebrazo. En la pronación, el radio gira con respecto al cúbito y, arrastrando a la mano tras de sí, lleva la palma de la mano hacia el plano posterior. La supinación es el movimiento opuesto y la palma de la mano se lleva hacia el plano anterior.

Articulación radiocubital proximal (Figs. 6-73 y 6-74B)

Se establece entre la **circunferencia articular de la cabeza** del radio por una parte y el **ligamento anular** y **escotadura radial del cúbito** por la otra, y está integrada morfológicamente en la articulación del codo donde ha sido descrita. Es una articulación trocoide que permite la realización de giros.

Unión radiocubital media (Fig. 6-28)

Los cuerpos del cúbito y el radio están unidos entre sí por la membrana interósea del antebrazo y por la cuerda oblicua.

La **membrana interósea** es una lámina fibrosa que se extiende entre el borde interno del radio y el borde externo del cúbito. Por arriba, la membrana se detiene unos 2 cm por debajo de la tuberosidad del radio, dejando una amplia abertura entre la parte superior de los dos huesos. Por debajo, la membrana interósea se extiende hasta la extremidad inferior del radio.

La membrana interósea es más gruesa en la parte superior, donde presenta algunos haces fibrosos que se han descrito como ligamentos específicos.

Desde el punto de vista funcional, la membrana interósea desempeña tres funciones: 1) mantiene unidos los cuerpos del cúbito y radio; 2) permite una mayor superficie de inserción a los músculos profundos del antebrazo; y 3) transmite las cargas descendentes del cúbito al radio (el cúbito es el hueso que recibe las cargas del húmero en la articulación del codo) y las ascendentes del radio al cúbito (el radio es el hueso que recibe las cargas de la mano en la articulación radio-carpiana).

La **cuerda oblicua** (*ligamento de Weitbrecht*) es una gruesa cinta fibrosa que se extiende desde la parte ínfero-externa de la apófisis coronoides del cúbito hasta el cuerpo del radio, justo por debajo de la tuberosidad radial. Se considera que es un resto evolutivo ocasionado por la transformación fibrosa de un haz del músculo flexor largo del pulgar o del supinador.

Articulación radiocubital inferior (Fig. 6-82)

Se establece entre la **cabeza del cúbito** y la **escotadura cubital** del radio. Las superficies articulares están revestidas de cartílago y se complementan por la presencia de un **disco articular**.

Disco articular (*ligamento triangular*). Es una lámina fibrocartilaginosa de forma triangular que se dispone horizontalmente entre la cabeza del cúbito y la primera fila del carpo. Por su vértice se inserta en el cúbito, en el surco que separa la apófisis estiloides de la cabeza. Por su base se une al borde inferior de la escotadura cubital del radio. Posee dos caras, superior e inferior, que son articulares y están revestidas de cartílago. La cara superior contacta con la cabeza del cúbito. La cara inferior contacta con los huesos semilunar y piramidal. Los bordes anterior y posterior se unen a la cápsula fibrosa. En ocasiones se encuentra perforado y toman, por tanto, la disposición de un menisco. La función del disco no se limita a constituir una superficie articular, sino que desempeña un papel importante como elemento de unión entre los dos huesos del antebrazo.

La **cápsula fibrosa** es delgada y laxa y se inserta en el contorno de las superficies articulares del radio y cúbito, y en los bordes anterior y posterior del disco. Solamente en la parte superior de la articulación la cápsula se aleja unos milímetros de las superficies articulares.

La **membrana sinovial** reviste la cara profunda de la cápsula fibrosa y en la parte superior de la articulación

forma un pequeño fondo de saco (**receso sacciforme**) para revestir la superficie ósea no articular incluida dentro de la articulación.

Dinámica funcional

Las articulaciones entre radio y cúbito permiten un movimiento de giro del radio sobre el cúbito que tiene como finalidad el desplazamiento de la mano. Se denominan a estos movimientos **pronación** y **supinación**. En la pronación, el radio es desplazado oblicuamente sobre la cara anterior del cúbito (Fig. 6-80). En este desplazamiento el comportamiento de los extremos proximal y distal del radio es diferente. El extremo proximal, al girar en la unión radiocubital proximal, permanece lateral al cúbito, mientras que la parte distal se desplaza, primero por delante del cúbito y luego por dentro. La mano sigue el desplazamiento distal del radio, por lo que durante la pronación la palma de la mano se va primero hacia dentro y luego hacia atrás.

La supinación es el movimiento opuesto, y el radio, arrastrando la mano, retorna a la posición inicial con la palma de la mano mirando al plano anterior.

La amplitud del movimiento realizado en las articulaciones radiocubitales es de 140-150°. Sin embargo, en la posición de extensión del codo, el movimiento se prolonga por rotación del humero, alcanzando los 360°. Por este motivo, tanto los giros del hombro como los movimientos de pronosupinación, deben explorarse con el codo flexionado, para discriminar en qué articulación se está produciendo el giro.

A grandes rasgos se puede describir el movimiento de prono-supinación como el giro realizado a través de un eje que pase, por arriba, por el centro de la cabeza del radio y, por abajo, por la interlínea de la articulación radio-cubital distal. Sin embargo, el movimiento es más complejo e implica también pequeños desplazamientos laterales del cúbito que determinan que el eje del movimiento sea dinámico, de forma que se va desplazando lateralmente en la pronación y medialmente en la supinación.

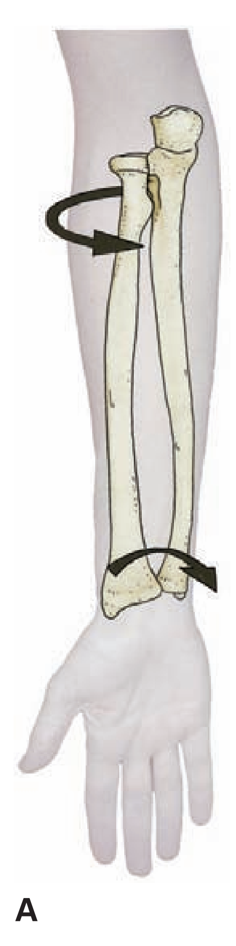




Figura 6-80. Movimiento de pronosupinación. Representación esquemática del movimiento de pronación: a partir de la posición de partida en supinación (A) la cabeza del radio gira en la articulación radiocubital proximal y el extremo distal del mismo se traslada por delante y por dentro del cúbito en la articulación radiocubital distal colocando el dorso de la mano hacia delante (B). La supinación es el movimiento inverso.

Pronación dolorosa

La forma ligeramente ovalada de la cabeza radial determina que en los movimientos de pronación la extremidad proximal del radio se aleje un poco del cúbito para evitar el choque de la tuberosidad del radio. En el niño, en el que la cabeza del radio es más pequeña y permanece cartilaginosa, puede ocurrir que la tuberosidad del radio choque con el cúbito produciendo dolor en los movimientos de pronación.

El freno más importante de estos movimientos es el tono de los músculos antagonistas aunque también pueden contribuir el ligamento cuadrado en la articulación radio-cubital proximal y el disco articular en la articulación distal.

Las *fuerzas motoras de la pronación* (Fig. 6-81) están constituidas por los músculos **pronador cuadrado** y **pronador redondo**, que pueden ser ayudados por el **flexor radial del carpo**.

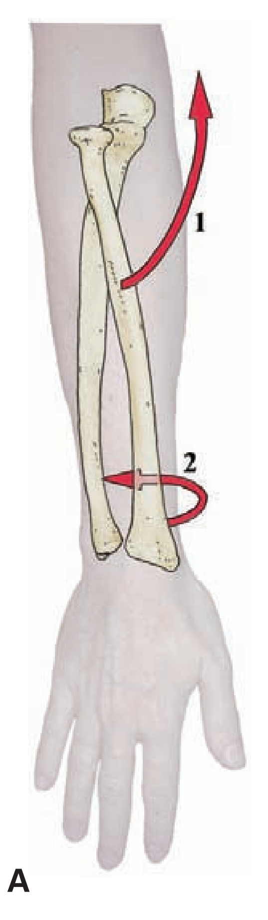
La *fuerzas motoras de la supinación* (Fig. 6-81) son el **músculo supinador** y el **bíceps**. Aunque el bíceps es el más potente, solamente puede actuar cuando el codo está en flexión, porque en extensión el tendón está paralelo al radio y no tiene momento de fuerza.

La potencia relativa de los músculos supinadores y pronadores es controvertida. En todas las técnicas industriales las tuercas y tornillos se aprietan por movimientos de supinación, pero se desarrolla más potencia con los pronadores.

Los movimientos de prono-supinación son fundamentales en un gran número de actividades, por lo que su pérdida es muy discapacitante para el individuo. Cuando es necesaria la inmovilización permanente del antebrazo, siempre se elige una posición de media pronación (la palma de la mano mirando medialmente) con el fin de conservar al máximo la funcionalidad del antebrazo.

ARTICULACIONES DE LA MANO

La mano está formada por múltiples huesecillos que se comportan, de forma individual, como piezas con una discreta movilidad destinada a darle flexibilidad y plastici-



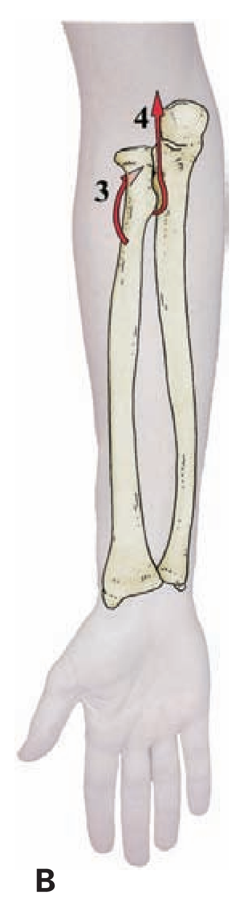


Figura 6-81. A) Fuerzas motoras pronadoras: pronador redondo (1), pronador cuadrado (2). B) Fuerzas motoras supinadoras: supinador (3), bíceps braquial (4).

dad, y de forma colectiva, como un segmento de la extremidad que soporta los dedos y facilita movimientos prensiles, y que, además, posee amplios movimientos respecto al antebrazo. Por esta razón, desde el punto de vista funcional, se pueden distinguir en la mano, los siguientes segmentos: 1) el *complejo articular de unión al antebrazo*, que permite el movimiento en bloque de toda la mano; 2) el *complejo de soporte de los dedos*, el cual constituye una plataforma de anclaje de los dedos, que posee la flexibilidad necesaria para que puedan realizarse movimientos de prensión; y, 3) los *elementos articulares que dan movilidad individual a los dedos*. Los dos últimos segmentos muestran diferencias entre el pulgar y el resto de los dedos.

El complejo de unión al antebrazo estructuralmente es un complejo articular que incluye las articulaciones entre los huesos del carpo (**articulaciones intercarpianas**) y la articulación entre el antebrazo y la primera fila del carpo (**articulación radiocarpiana**, *articulación de la muñeca*). Desde el punto de vista funcional, el conjunto de estas articulaciones confiere elasticidad a la mano y permite que se realicen movimientos de flexión/extensión y lateralización (separación/aproximación) que se complementan con las prono-supinaciones del antebrazo. De este modo, la unión entre antebrazo y mano se comporta funcionalmente como si fuese una articulación esférica, pero con la diferencia de que al individualizarse las articulaciones en diferentes unidades se consigue una estabilidad mucho mayor que en las articulaciones esféricas.

En el complejo de soporte de los dedos se incluirán las **articulaciones carpometacarpianas** y las **articulaciones intermetacarpianas**. En este segmento, las articulaciones asociadas al pulgar tienen características singulares que las diferencian de las asociadas a los cuatro últimos dedos y se estudiarán por separado.

Los elementos articulares de los dedos comprenden las **articulaciones metacarpofalángicas** y las **articulaciones interfalángicas**, en las cuales también existen singularidades en el pulgar.

COMPLEJO DE UNIÓN ENTRE MANO Y ANTEBRAZO

Los ocho elementos óseos del carpo se ensamblan por articulaciones planas (**articulaciones intercarpianas**) para constituir un bloque óseo que, a su vez, se articula con el antebrazo en la **unión radiocarpiana**.

Articulaciones intercarpianas (Figs. 6-82 y 6-83A)

Se pueden distinguir las siguientes uniones: 1) las que establecen los huesos de la primera fila del carpo entre sí por sus caras laterales (articulaciones de la primera fila del carpo); 2) las que establecen los huesos de la segunda fila del carpo entre sí por sus caras laterales (articulaciones de la segunda fila del carpo); y 3) las que establecen los huesos de la primera fila del carpo con los de la segunda fila del carpo (**articulación mediocarpiana)**. Sin embargo, un aspecto importante es que todas ellas (excepto la unión entre piramidal y pisiforme) forman un complejo articular común. Existe una cavidad articular única, cuya zona central corresponde a la interlínea de la articulación mediocarpiana que se prolonga hacia arriba y hacia abajo con la cavidad de las uniones que establecen los huesos de cada fila por sus caras laterales.

Superficies articulares (Fig. 6-82)

Las superficies articulares de los huesos están revestidas de cartílago. Por las caras laterales, cada hueso contacta con su vecino. Además, en la unión mediocarpiana el contacto articular se establece entre escafoides, semilunar y piramidal por un lado y trapecio, trapezoide, hueso grande y ganchoso por el otro. La configuración de las superficies articulares de la unión mediocarpiana permite distinguir un sector externo y un sector interno. El sector externo dibuja una interlínea articular convexa hacia abajo y se corresponde con la zona de contacto entre la cara distal del escafoides y el trapecio y trapezoide. En el sector interno, la interlínea articular es cóncava hacia abajo y se corresponde con la zona de contacto entre escafoides (cara medial), semilunar y piramidal, con el hueso grande y el ganchoso.

Cápsula articular

La cápsula fibrosa se inserta en el contorno de las superficies articulares labrando una cavidad articular única compartida por todas las articulaciones. La cara profunda de la cápsula fibrosa está revestida de sinovial, y por tanto, también es compartida por todas las articulaciones.

Ligamentos (Figs. 6-84 y 6-85)

Los refuerzos ligamentosos son engrosamientos de la cápsula fibrosa que, en general, se disponen a modo de grapas saltando entre huesos vecinos. Se distinguen:

Ligamentos intercarpianos palmares: refuerzan el plano anterior de la cápsula fibrosa. Entre ellos destaca el *ligamento radiado del carpo*, que se extiende desde la cabeza del hueso grande a los demás huesos del carpo.

Ligamentos intercarpianos dorsales: son más robustos que los palmares y se disponen en el plano dorsal de la cápsula fibrosa. En este grupo destaca el **ligamento arqueado posterior**, que se extiende entre el piramidal y el escafoides, trapecio y trapezoide.

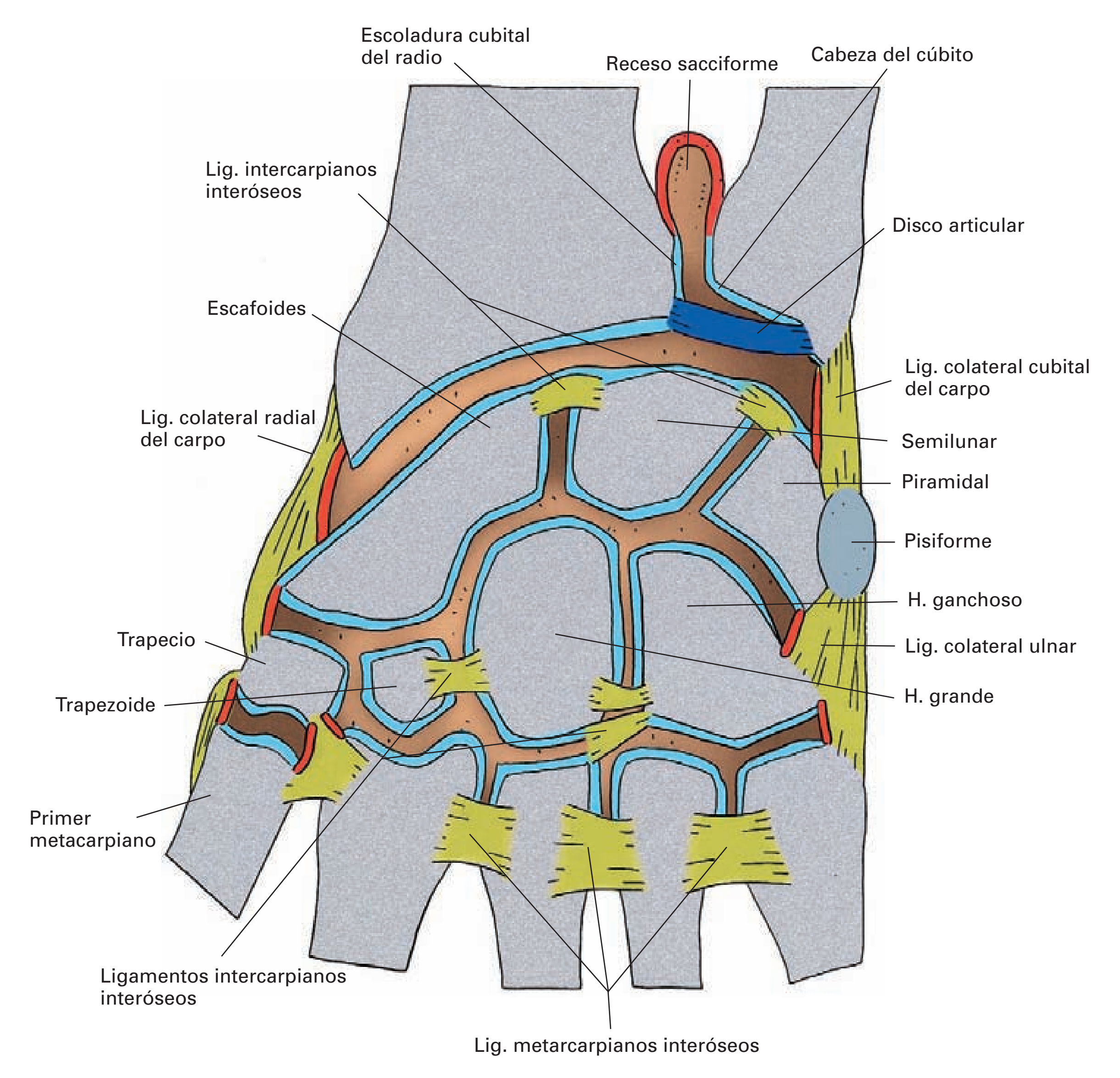


Figura 6-82. Corte frontal de la mano que muestra las articulaciones radiocarpiana, mediocarpiana, intercarpianas, carpometacarpiana e intermetacarpianas.

Ligamentos intercarpianos interóseos: se disponen entre las caras laterales de los huesos y poseen revestimiento de cartílago en la superficie que mira a la cavidad articular. Los que unen a los huesos de la primera fila del carpo, se sitúan en el extremo proximal de los huesos y por su cara superior, también revestida de cartílago, miran a la cavidad de la articulación radiocarpiana. Los que unen a los huesos de la segunda fila se sitúan distalmente. Habitualmente, no hay ligamentos interóseos en las uniones entre los huesos de la primera y segunda fila del carpo.

La presencia de un **ligamento interóseo** entre la cara interna del escafoides y la cara externa del hueso grande es inconstante. Este ligamento independiza de forma parcial o total la parte externa de la articulación (escafoides/trapecio-trapezoide), que está al servicio de la movilidad del pulgar, de la parte interna (escafoides-semilunar-piramidal/hueso grande-ganchoso), que es la que participa en los movimientos de la muñeca.

Ligamentos colaterales: en los márgenes laterales de la articulación mediocarpiana se sitúan el **ligamento colateral radial**, que une al escafoides con el trapecio, y el **ligamento colateral ulnar,** que se extiende entre piramidal y ganchoso.

Articulación del hueso pisiforme

La articulación entre el piramidal y el psiforme (**articulación del hueso pisiforme)** es una excepción a la descripción anterior. En este caso existe una cápsula fibrosa propia que se une al contorno de las superficies articulares y está reforzada por el **ligamento pisiganchoso**, que va del

pisiforme al gancho del ganchoso, y por el **ligamento pisimetacarpiano**, que va del pisiforme a la base del 5.º metacarpiano.

Articulación radiocarpiana
(Figs. 6-82, 6-83A y 6-86)

Se establece entre la pinza formada por las extremidades distales del cúbito y radio, por una parte, y la primera fila del carpo, por la otra. No obstante, hay que tener en cuenta que existe un **disco articular** (*ligamento triangular*; Fig. 6-86) que se interpone entre la cabeza del cúbito y el carpo, de modo que aquélla no tiene contacto directo con los huesos de la primera fila del carpo (véase Articulación radiocubital distal).

La superficie articular carpiana está formada por el escafoides, el semilunar y el piramidal unidos por los ligamentos intercarpianos interóseos, que, como ya se ha descrito, están revestidos de cartílago articular. En conjunto, esta superficie forma una fuerte convexidad que se adapta a la superficie distal del radio y al disco articular. El escafoides y la parte externa del semilunar contactan con el radio, mientras que la parte interna del semilunar lo hace con el disco articular. La posición del piramidal es muy interna y el contacto con el disco sólo lo establece durante los movimiento de inclinación hacia el lado cubital. En reposo contacta con la cápsula fibrosa

La cápsula fibrosa se inserta por arriba en el contorno de la superficie articular distal del radio y en los bordes del disco articular. Con alguna frecuencia, el disco está perforado, lo que permite la comunicación con la articulación radiocubital distal.

Por su extremo inferior la cápsula se inserta en los huesos de la primera fila del carpo en la zona próxima al contorno de las superficies articulares.

La membrana sinovial reviste la cara profunda de la cápsula fibrosa.

Los refuerzos ligamentos (Figs. 6-84 y 6-85) se disponen en el plano anterior y posterior y en los márgenes laterales de la articulación, y son los siguientes:

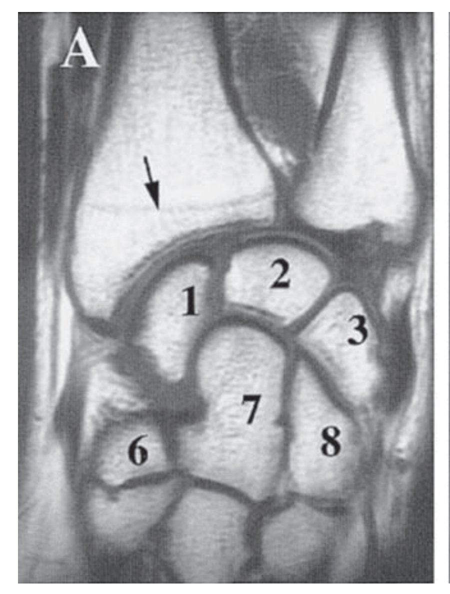
Ligamento radiocarpiano palmar: es una banda fibrosa ancha que se extiende desde el borde anterior de la extremidad inferior del radio y la apófisis estiloides hasta la cara anterior de escafoides semilunar, el piramidal y la cabeza del hueso grande.

Ligamento cubitocarpiano palmar: se extiende entre la apófisis estiloides del cúbito y borde anterior del disco articular, hasta el semilunar, piramidal y cabeza del hueso grande.

Ligamento radiocarpiano dorsal: está menos acentuado que los anteriores. Se extiende entre el borde posterior de la extremidad inferior del radio hasta la cara dorsal del escafoides, semilunar y piramidal.

Ligamento colateral radial del carpo: se extiende entre la apófisis estiloides del radio y el escafoides. Este ligamento contacta con la arteria radial en su paso del plano anterior del antebrazo al dorso de la mano.

Ligamento colateral cubital del carpo: se origina en la apófisis estiloides del cúbito y termina por dos fascículos en el pisiforme y el piramidal.



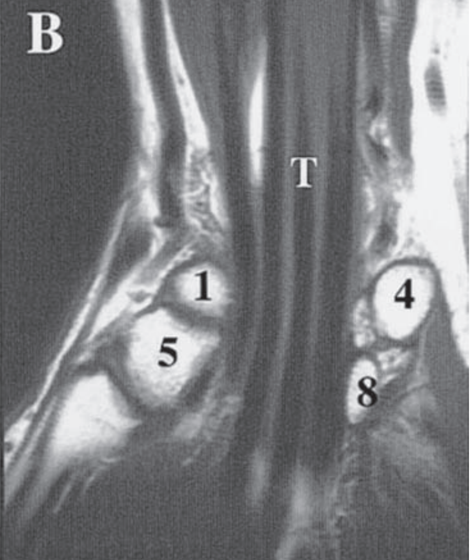


Figura 6-83. RM coronal de la muñeca. A) Nivel de las articulaciones carpianas. B) Nivel del túnel carpiano donde se observa el paso de los tendones flexores (T). Escafoides (1), semilunar (2), piramidal (3), pisiforme (4), trapecio (5), trapezoide (6), hueso grande (7), hueso ganchoso (8). La flecha señala la línea epifisaria del radio.

Dinámica funcional del complejo de unión entre mano y antebrazo

En el complejo son posibles dos grados de libertad, las flexoextensiones y la separación-aproximación. Ambas se realizan tanto en la unión radiocarpiana como en la mediocarpiana. Además, las uniones intercarpianas confieren elasticidad a todo el conjunto.

Una forma de explicar funcionalmente las articulaciones radiocarpiana y mediocarpiana es considerar que la primera fila del carpo se comporta como un disco articular de la unión entre antebrazo y mano, de forma que la articulación radiocarpiana constituiría la cámara supradiscal de la articulación, mientras que la articulación mediocarpiana sería la cámara infradiscal. De todas las maneras, habría que exceptuar en esta forma de explicación a la articulación entre escafoides y trapecio, porque su dinámica está al servicio de la movilidad del pulgar.

Flexoextensión (Figs. 6-87 y 6-88)

El movimiento de flexoextensión se realiza según un eje transversal tanto en la unión radiocarpiana como en la mediocarpiana. Siguiendo este eje, la palma de la mano se desplaza hacia delante y arriba en la flexión, y de forma opuesta en la extensión. Durante el movimiento se produce una ligera rotación del escafoides, de modo que su tubérculo anterior es más fácil de palpar en máxima extensión. La flexión tiene una amplitud de unos 85-90°, la mitad de los cuales, aproximadamente, se desarrolla en cada cámara articular. La extensión, cuya amplitud es similar a la flexión, es algo más amplia en la cámara mediocarpiana.

El freno de la flexoextensión depende principalmente del tono de los antagonistas. Como ilustración de este hecho, se puede comentar que la flexión de la muñeca es más reducida cuando los dedos están flexionados debido al incremento de la tensión de los extensores. Los ligamentos intervienen como frenos del movimiento en las posiciones extremas. Además, la posición de extensión completa constituye la *posición de cierre de la articulación*, en la que hay mayor congruencia ósea y menor movilidad. Así, los movimientos de lateralidad quedan bloqueados en extensión completa, y sólo se escapa del bloqueo la articulación entre escafoides y trapecio que permite la movilidad del pulgar. La extensión completa es la postura que se adopta cuando se trata de transmitir grandes fuerzas; por ejemplo, es la postura en la que se tiende a colocar la mano en las caídas. En estas condiciones, las fuerzas excesivas tienden a producir fracturas con más frecuencia que luxaciones. Lo contrario ocurre en la posición de flexión.

Fractura de Colles

Es una fractura común de la extremidad inferior del radio que se produce en las caídas, al apoyar la mano

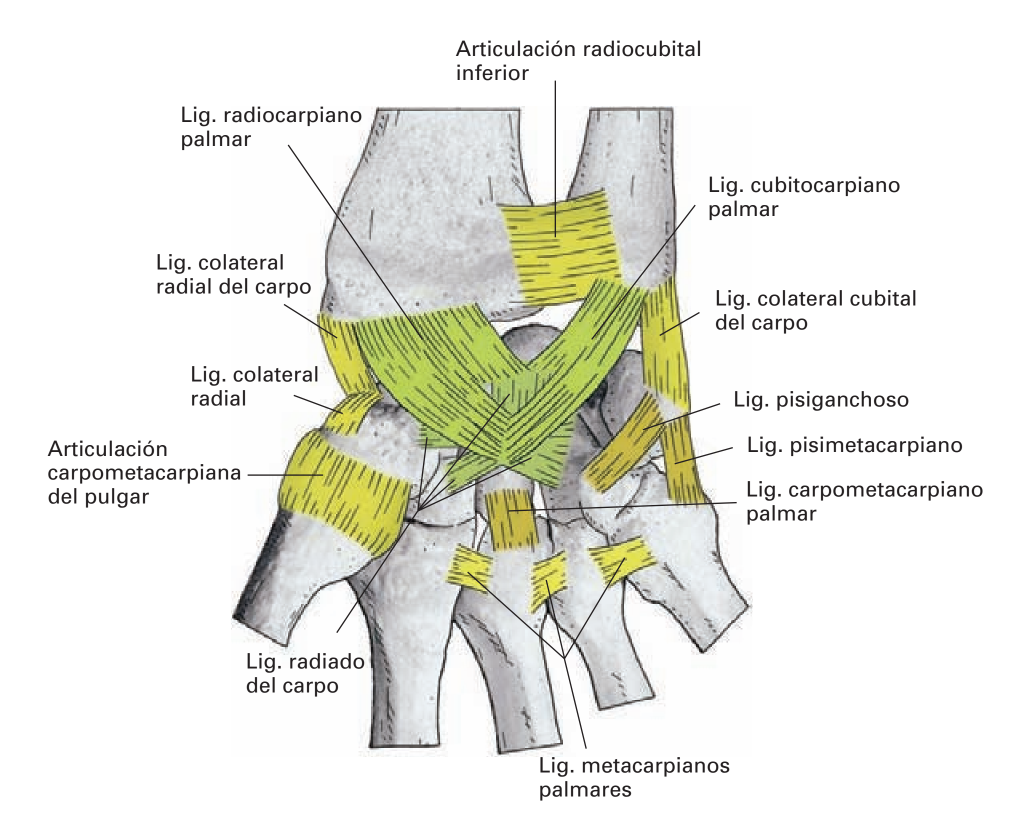


Figura 6-84. Complejo articular de unión entre el antebrazo y la mano. Visión palmar.

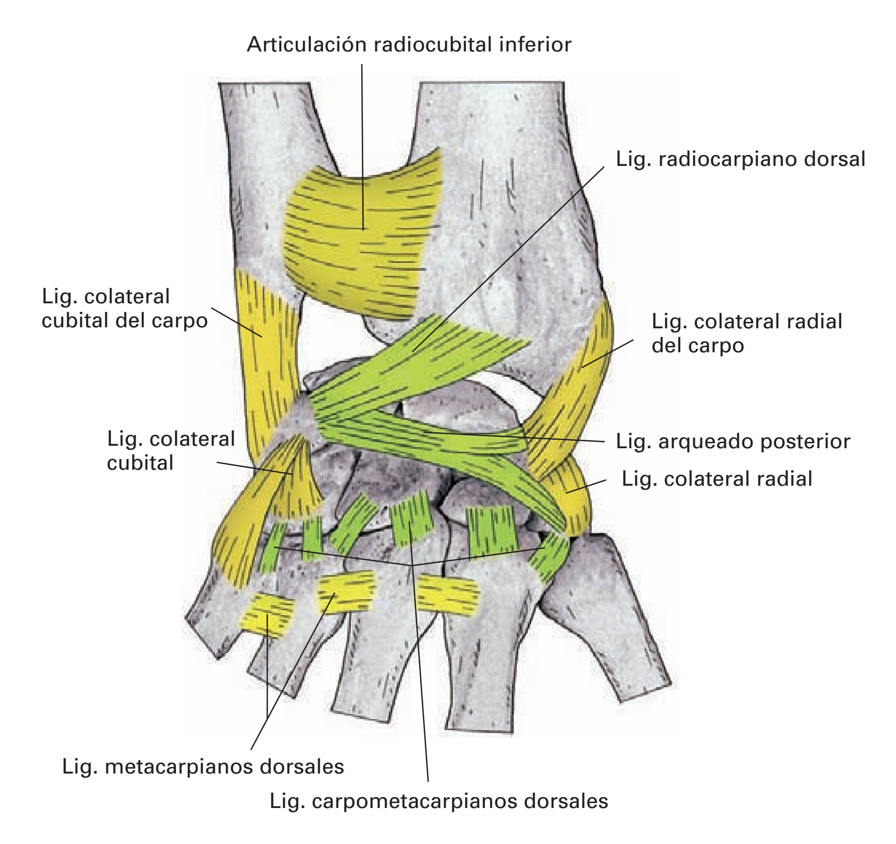


Figura 6-85. Complejo articular de unión entre el antebrazo y la mano. Visión dorsal.

en extensión y pronación para amortiguar el golpe. El fragmento distal del radio fracturado tiende a desplazarse dorsalmente confiriendo a la mano un aspecto característico «en tenedor».

Las *fuerzas motoras de la flexión* (Fig. 6-87) son los músculos **flexor cubital del carpo**, **flexor radial del carpo** y **palmar largo**, que pueden ser ayudados por el **flexor común superficial de los dedos**, **flexor común profundo de los dedos** y **flexor largo del pulgar**.

Las *fuerzas motoras extensoras* (Fig. 6-88) son los músculos **extensor radial largo del carpo**, **extensor radial corto del carpo** y **extensor cubital del carpo**, que pueden ser ayudados por los extensores de los dedos (**ex-**

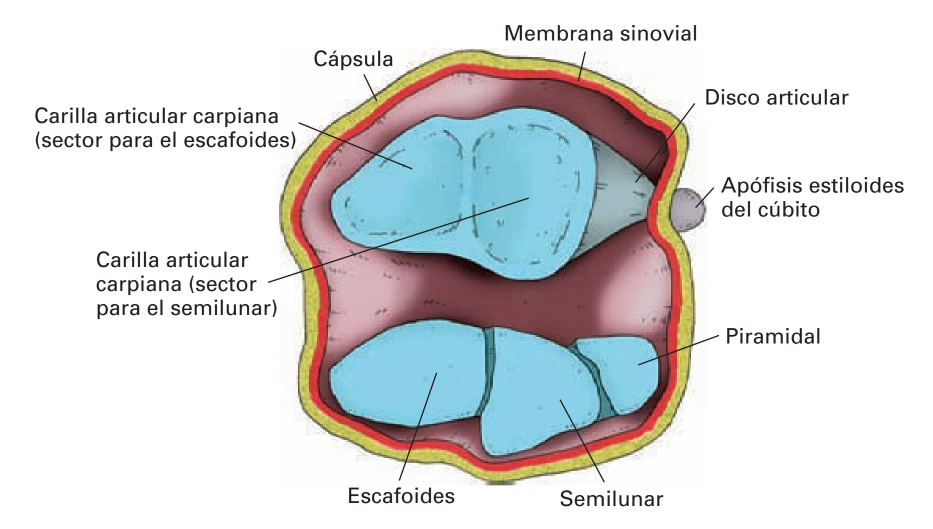


Figura 6-86. Superficies articulares de la articulación radiocarpiana tras abrir la cápsula articular por delante y reclinar los segmentos antebraquial y carpiano.

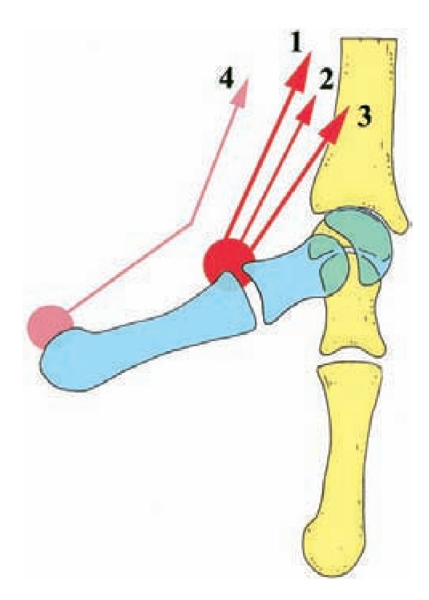


Figura 6-87. Movimiento de flexión del complejo de unión entre mano y antebrazo representado sobre el eje de la mano: semilunar, hueso grande y tercer metacarpiano. Las palancas óseas desplazadas se dibujan en azul. Fuerzas motoras flexoras: flexor radial del carpo (1), palmar largo (2), flexor cubital del carpo (3). La flecha rosa (4) indica la acción secundaria de los músculos flexores de los dedos.

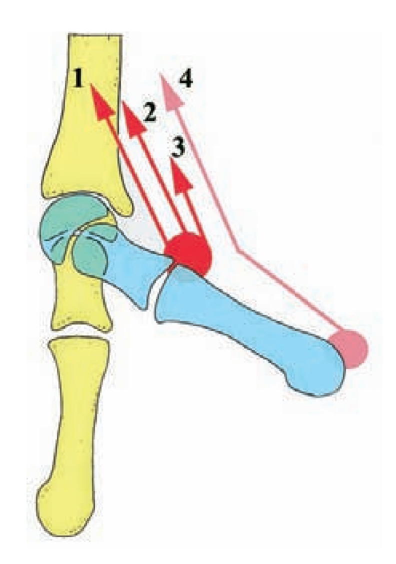


Figura 6-88. Movimiento de extensión del complejo de unión entre mano y antebrazo representado sobre el eje de la mano: semilunar, hueso grande y tercer metacarpiano. Las palancas óseas desplazadas se dibujan en azul. Fuerzas motoras extensoras: extensor largo radial del carpo (1), extensor corto radial del carpo (2), extensor cubital del carpo (3). La flecha rosa (4) indica la acción secundaria de los músculos extensores de los dedos.

tensor de los dedos, **extensor del índice**, **extensor de meñique**, **extensor largo del pulgar** y **extensor corto del pulgar**).

Separación-aproximación (Fig. 6-84)

La separación (inclinación radial, abducción) y la aproximación (inclinación cubital, aducción) se realizan también en las articulaciones radiocarpiana y mediocarpiana. La aproximación tiene una amplitud de unos 45°, de los que unos 30° se realizan en la articulación radiocarpiana. La separación tiene menor amplitud (15°) porque en la articulación radiocarpiana sólo son posibles unos 6° ó 7° por el choque de la apófisis estiloides del radio contra el tubérculo del escafoides.

Las *fuerzas motoras de la separación* (Fig. 6-89B) son el **flexor radial del carpo** y los músculos **extensor radial del carpo largo y corto**.

Las *fuerzas motoras de la aproximación* (Fig. 6-89C) son el **flexor cubital del carpo** y el **extensor cubital del carpo**.

Un aspecto importante con respecto a la función de los músculos que mueven la muñeca es que actúan formando sinergias. Por ejemplo, la contracción del flexor radial del carpo produce tanto una flexión de la muñeca como una separación (inclinación radial). Si el movimiento deseado es la flexión del carpo, entonces es necesario que intervenga el flexor cubital del carpo, que además de flexión produce aproximación. De esta manera, ambos músculos actúan como sinergistas concurrentes que potencia la acción flexora y neutraliza la acción de separación/aproximación. Otro ejemplo de sinergia neutralizadora ocurre entre los músculos que mueven la muñeca y los que mueven los dedos. Así, los flexores de los dedos, como saltan por delante de la articulación de la muñeca, al contraerse no sólo flexionarían los dedos sino también la muñeca. Por este motivo, cuando se desea que la flexión de los dedos no se acompañe de flexión de la muñeca se requiere que intervengan los extensores de la muñeca como sinergistas neutralizadores verdaderos que eviten el movimiento no deseado.

Posición de inmovilización de la muñeca

La posición de inmovilización de la muñeca, en previsión de que pueda producirse un anquilosamiento de la articulación, se hace en ligera extensión, ya que es la posición que permite mayor capacidad funcional de la mano (como por ejemplo, cerrar el puño eficientemente). En la posición de flexión la mano pierde la posibilidad de cerrar el puño con fuerza.

ARTICULACIONES ASOCIADAS AL SOPORTE DE LOS CUATRO ÚLTIMOS DEDOS

La mano, desde el punto de vista funcional, está claramente dividida en un sector interno formado por los cuatro

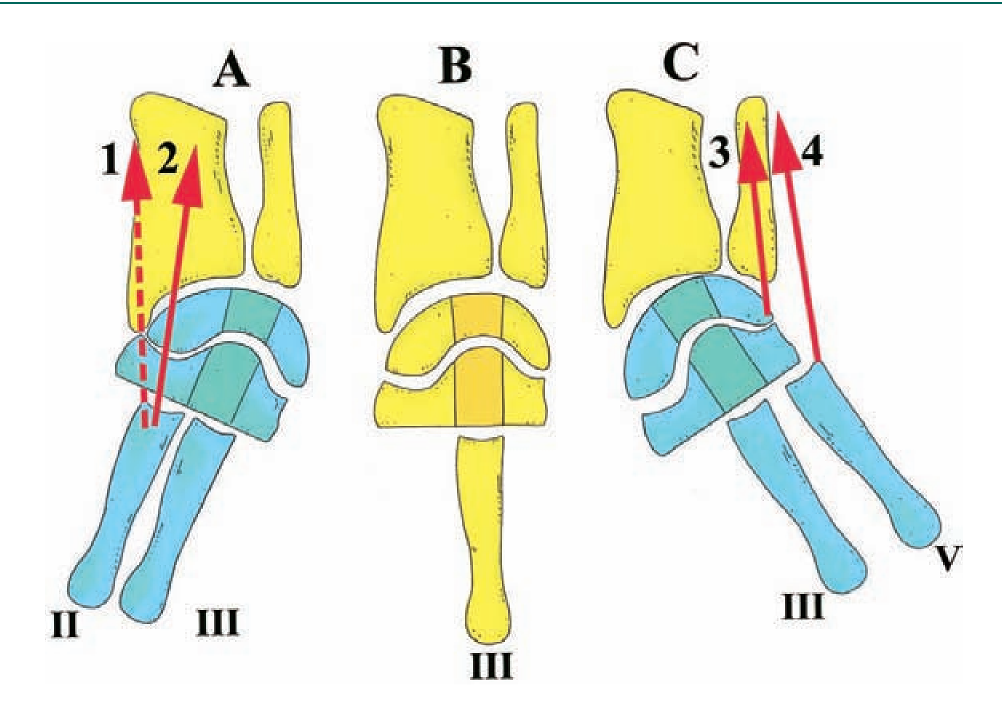


Figura 6-89. Movimientos de inclinación radial (A) e inclinación cubital (C) del complejo de unión entre mano y antebrazo a partir de la posición anatómica (B). Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras inclinadoras radiales (separadoras): extensores radiales largo y corto del carpo (1) y flexor radial del carpo (2). Fuerzas motoras inclinadoras cubitales (aproximadoras): flexor cubital del carpo (3), separador largo del pulgar (4).

últimos dedos, que poseen unos patrones funcionales prácticamente iguales, y un sector externo formado por el pulgar, que posee características morfológicas y funcionales singulares. Esta división funcional, que es específica de la especie humana, se fundamenta, por un lado, en la pérdida de la función de sustentación de la extremidad superior y, por otro, en la adquisición de la habilidad de asir objetos y poder formar pinzas de precisión. Por este motivo hemos dividido las descripciones de las articulaciones de la mano asociadas a los dedos en dos bloques, uno común para los últimos cuatro dedos y otro específico para el pulgar. En cada apartado estudiaremos las articulaciones entre metacarpianos y carpo (carpo-metacarpianas) articulaciones intermetacarpianas, articulaciones metacarpo-falángicas y articulaciones interfalángicas.

Articulaciones carpometacarpianas
(Fig. 6-82)

Se establecen entre la cara distal de los hueso de la 2.ª fila del carpo y la cara proximal de la base de la 4 últimos metacarpianos. Son articulaciones planas en las que cada metacarpiano contacta por medio de una superficie articular revestida de cartílago con las superficies articulares también revestidas de cartílago que presentan uno o varios huesos de la segunda fila del carpo, de acuerdo con el siguiente patrón:

El 2.º metacarpiano contacta con trapecio, trapezoide y hueso grande.
El 3.º metacarpiano contacta con hueso grande.
El 4.º metacarpiano contacta con: hueso grande y ganchoso.
El 5.º metacrapiano contacta con: ganchoso.

La cápsula fibrosa salta entre el contorno de las superficies articulares y está revestida por su cara profunda de membrana sinovial. Distalmente, estas articulaciones se continúan con las articulaciones intermetacarpianas (véase más adelante). Además, con frecuencia estas articulaciones se comunican también con las articulaciones que se establecen entre los huesos de la segunda fila del carpo.

Existen refuerzos ligamentos en el plano anterior (**ligamentos carpometacarpianos palmares**; Fig. 6-84) y en el plano posterior (**ligamentos carpometacarpianos dorsales**; Fig. 6-85) que refuerzan la cápsula fibrosa extendiéndose entre los huesos de la segunda fila del carpo y la base de los metacarpianos. Además, existe un **ligamento interóseo** que se dispone entre hueso grande, ganchoso y tercer metacarpiano, en el mismo plano que las superficies articulares.

Articulaciones intermetacarpianas
(Fig. 6-32)

Son articulaciones planas que se establecen entre las caras laterales de las bases de los cuatro últimos metacarpianos.

Proximalmente se continúan con las articulaciones carpo-metacarpianas. El segundo metacarpiano no contacta con el primero, y el 5.º, como es natural, carece de articulación en su cara interna. Las superficies articulares son planas y están revestidas de cartílago. Existe una cápsula fibrosa que se inserta en el contorno articular, salvo en la parte proximal, donde la articulación se continúa con las carpo-metacarpianas. La cápsula fibrosa está tapizada profundamente de sinovial.

Poseen refuerzos ligamentosos de la cápsula en el plano dorsal (ligamentos metacarpianos dorsales), en el plano anterior (**ligamentos metacarpianos palmares**) y en el plano distal (ligamentos interóseos). Además, como ligamento de unión situado a distancia de las articulaciones, se dispone el **ligamento transverso profundo metacarpiano** (*ligamento transverso intermetacarpiano palmar*; Fig. 6-90), que es una cinta fibrosa que salta entre las cabezas de los metacarpianos, desde el 2.º al 5.º.

Dinámica funcional

Las uniones articulaciones carpometacarpianas tienen como función establecer una unión firme y estable entre el carpo y los metacarpianos. No obstante, existe la posibilidad de ejecutar pequeños movimientos de deslizamiento a nivel del 4.º y especialmente del 5.º metacarpiano que tienen lugar cuando se hacen pinzas entre el pulgar y estos dedos o al adaptar la mano a objetos redondeados. Las uniones intermetacarpianas confieren estabilidad a la unión entre los cuatro últimos metacarpianos y el ligamento transverso profundo metacarpiano evita que los metacarpianos puedan separarse.

ELEMENTOS ARTICULARES MÓVILES DE LOS CUATRO ÚLTIMOS DEDOS

Articulaciones metacarpofalángicas (Figs. 6-91 y 6-92)

Son articulaciones condíleas que se establecen entre la cabeza del metacarpiano y la cavidad glenoidea de la base de la falange proximal y que están revestidas de cartílago articular. La superficie articular de la cabeza no es esférica, sino que se extiende por la cara palmar. Por este motivo, la cavidad glenoidea se encuentra ampliada en su contorno anterior (palmar) por la presencia de un pequeño fibrocartílago, el **ligamento palmar** (*placa palmar*; Fig. 6-91). Esta estructura se une a la parte anterior del contorno articular de la cavidad glenoidea. La superficie ventral, no articular, del ligamento palmar se une al ligamento transverso profundo del metacarpo y presenta un surco por donde pasan los tendones de los flexores.

De forma inconstante, en los márgenes del ligamento palmar se pueden localizar pequeños huesos sesamoideos. Los más frecuentes aparecen en el borde lateral del ligamento palmar del índice y en el bode medial del ligamento palmar del meñique.

La cápsula fibrosa articular es delgada y laxa, especialmente en el dorso, y se inserta próxima a las superficies articulares y en el contorno del ligamento palmar. La membrana sinovial reviste la cara profunda de la cápsula fibrosa.

La articulación se refuerza a los lados por los **ligamentos laterales** (Fig. 6-92). Estos ligamentos son haces fibrosos fuertes y resistentes de forma triangular. Por su vértice

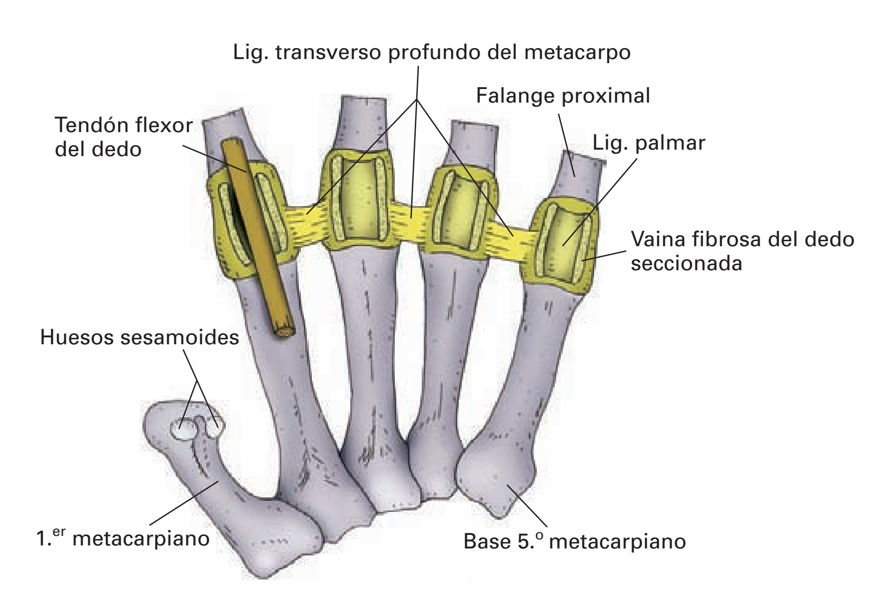


Figura 6-90. Conjunto metacarpiano con el ligamento transverso profundo del metacarpo, visión palmar.

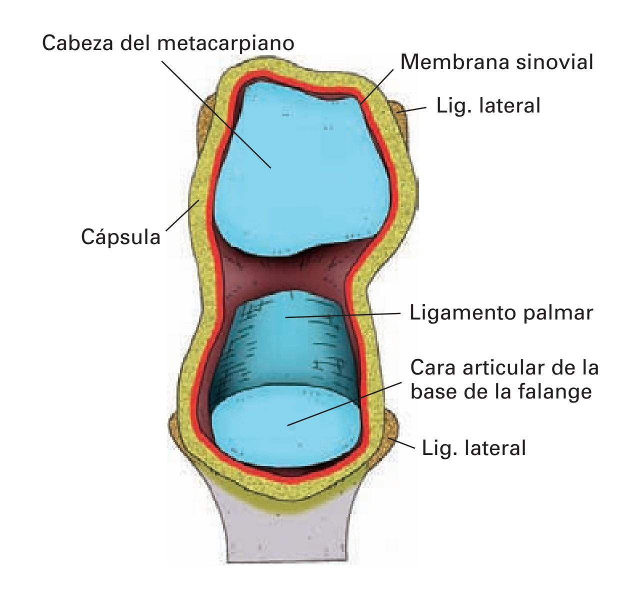


Figura 6-91. Superficies de la articulación metacarpofalángica tras abrir la cápsula articular por el dorso y reclinar los segmentos metacarpiano y falángico.

se insertan en la cara lateral de la cabeza del metacarpiano y por su base en la cara lateral de la falange y en los márgenes laterales de la placa palmar. Los ligamentos adquieren máxima tensión durante la flexión debido a que se disponen excéntricamente con respecto al eje del movimiento.

Dinámica funcional

Las articulaciones metacarpofalángicas poseen dos grados de movilidad activa: flexoextensiones y movimientos de separación/aproximación (abducción/aducción). Además, pasivamente pueden realizar pequeñas rotaciones.

La flexión es la posición de cierre de la articulación para conseguir máxima eficacia en la prensión. En esta posición, los ligamentos laterales, como se ha dicho, adquieren máxima tensión, lo que prácticamente impide que se puedan producir los movimientos de separación/aproximación.

La flexión alcanza un poco menos de 90° en el índice y se va ampliando ligeramente en dirección al meñique. La extensión varía muy considerablemente en los diferentes individuos. De forma activa se puede alcanzar hasta un máximo de 50°, pero pasivamente en algunas personas se pueden llegar a alcanzar los 90°.

Las *fuerzas motoras flexoras* (Fig. 6-93) más importantes son los **músculos lumbricales** ayudados por los tendones del **flexor común superficial** y del **profundo**, así como de los **músculos interóseos**.

Las *fuerzas motoras de la extensión* son el **extensor de los dedos**, al que hay que añadir el **extensor del dedo índice** y del **meñique** en el caso de estos dedos.

Los movimientos de aproximación y separación (abducción/aducción) tienen lugar según un eje anteroposterior que pasa por la cabeza del metacarpiano. Se considera al

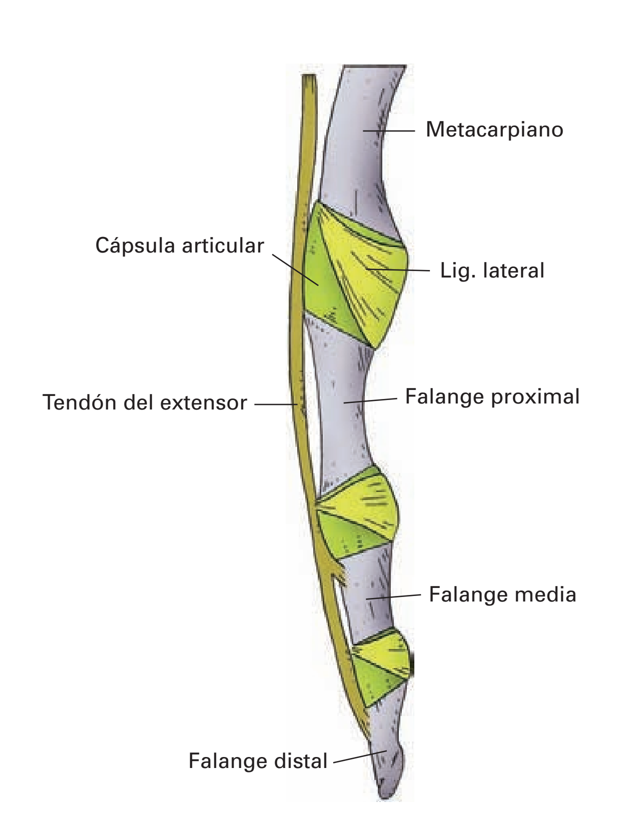


Figura 6-92. Articulaciones del dedo, visión lateral.

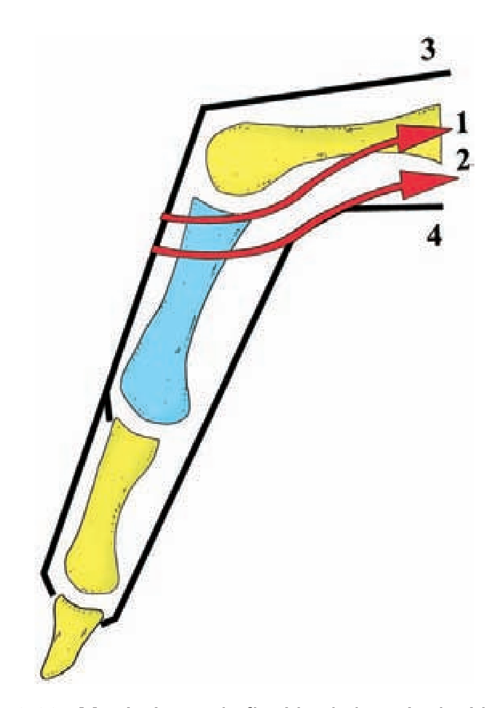


Figura 6-93. Movimiento de flexión de la articulación metacarpofalángica, con extensión de las articulaciones interfalángicas. La palanca ósea desplazada (falange proximal) se representa en azul. Fuerzas motoras flexoras: interóseos (1) y lumbricales (2). Los trazos negros representan los tendones del extensor del dedo (3) y del flexor profundo del dedo (4).

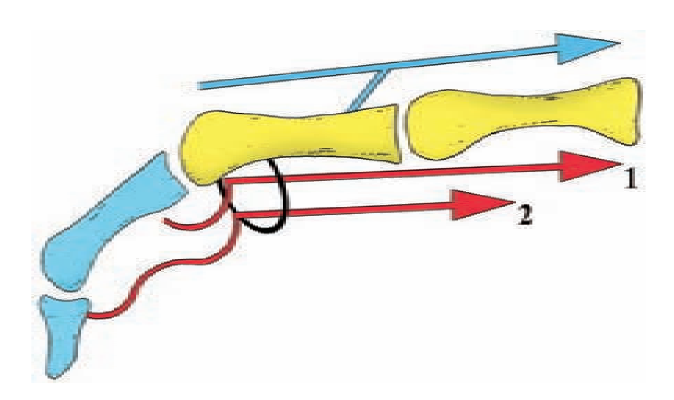


Figura 6-94. Movimiento de flexión de las articulaciones interfalángicas. Las plancas óseas desplazadas (falanges media y distal) se representan en azul. Fuerzas motoras flexoras: flexor superficial de los dedos (1), flexor profundo de los dedos (2). El movimiento es regulado por la acción antagonista de los extensores de los dedos (flecha azul).

dedo anular como el eje de referencia. Es decir, los dedos se separan cuando se alejan del dedo anular y se aproximan en el movimiento contrario que los pone a todos en contacto. La amplitud del movimiento en extensión es de unos 30°. En flexión no sobrepasa los 10°.

Las *fuerzas motora de la separación* (Fig. 6-95) de los dedos índice, medio y anular, son los **músculos interóseos dorsales** ayudados en el caso del índice y anular por los **lumbricales 1.º y 2.º**. En el meñique actúa el músculo **separador del meñique**.

La *fuerza motora de la aproximación* (Fig. 6-95) corresponde a los músculos **interóseos palmares**, ayudados en el caso del anular y meñique por los **lumbricales 3.º y 4.º**.

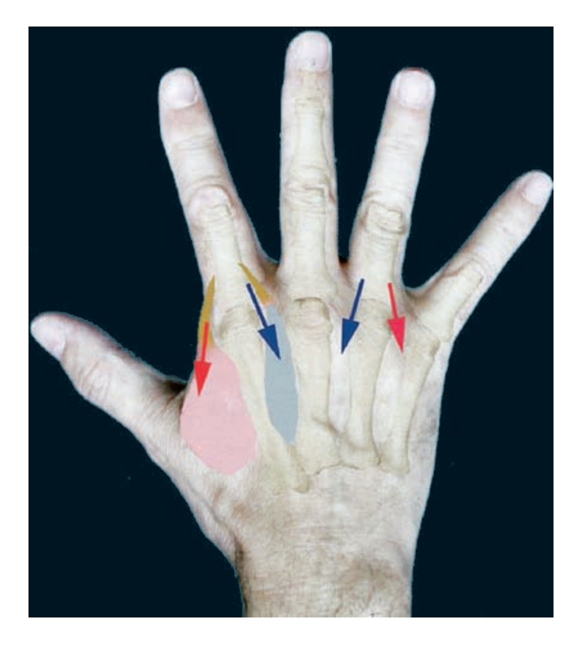


Figura 6-95. Representación esquemática del movimiento de separación y aproximación de los dedos. Con fines de simplificación se representa únicamente el movimiento de separación de los dedos 2.° y 4.° con respecto al dedo medio. Se han representado el primer interóseo dorsal (rosa) y el primer interóseo palmar (azul). Fuerzas motoras separadoras: interóseos dorsales (flechas rojas).
La aproximación es el movimiento inverso de vuelta a la posición de partida. Fuerzas motoras aproximadoras: interóseos ventrales (flechas azules).
La acción separadora de los lumbricales 1.° y 2.°, y aproximadora de los lumbricales 3.° y 4.° no se ha representado.

Articulaciones interfalángicas (Fig. 6-92)

Se establecen entre la cabeza de una falange y la base de la falange siguiente. Por tanto, en cada uno de los cuatro últimos dedos existen dos articulaciones interfalángicas. Desde el punto de vista morfológico, se corresponden a articulaciones trocleares. La cabeza de cada falange presenta una superficie revestida de cartílago articular en forma de polea con dos vertientes y un surco central. La base de la falange contigua tiene una morfología opuesta, dos vertientes y una cresta central, y su superficie se amplía por la presencia de un **ligamento palmar** similar al de las articulaciones metacarpofalángicas. Como en las articulaciones metacarpofalángicas, el ligamento palmar es un fibrocartílago que se une al contorno anterior de la base de la falange.

La cápsula fibrosa es laxa y se une próxima al contorno de las superficies articulares y al ligamento palmar. La sinovial reviste la cara profunda de la cápsula fibrosa y la porción de superficie ósea no articular situada dentro de la articulación.

En el plano lateral se sitúan los **ligamentos colaterales**, que son los refuerzos principales de la cápsula. Los ligamentos se unen a la parte lateral de los extremos óseos articulares y a los márgenes del ligamento palmar. Por su disposición, se tensan en el movimiento de flexión.

Dinámica funcional

Las articulaciones interfalángicas son muy estables como consecuencia de la acción que ejercen sobre ellas los tendones extensores y flexores de los dedos. No obstante, las luxaciones de estas articulaciones son relativamente frecuentes.

Poseen un único grado de libertad, las flexoextensiones. Las flexiones son más amplias en la primera articulación interfalángica, en las que supera los 120°. En la segunda articulación, la flexión puede alcanzar los 90° en el meñique, pero es más reducida en los dedos más externos. El movimiento de extensión que se puede realizar de manera activa prácticamente no es más que el retorno a la posición de reposo. De forma pasiva, la extensión puede ampliarse considerablemente.

Las *fuerza motora principal de la flexión* (Fig. 6-94) de la articulación interfalángica proximal (se desplaza la falange intermedia) es el músculo **flexor superficial de los dedos** ayudado por el **flexor profundo de los dedos**. La flexión

de la articulación interfalángica distal se realiza por el flexor profundo de los dedos.

Las *fuerzas motoras de la extensión* de las articulaciones interfalángicas son los músculos **lumbricales** y los **interóseos** a través de la expansión dorsal de sus tendones. El músculo extensor de los dedos junto al extensor del índice y del meñique cooperan con los anteriores en el movimiento.

Dedo en martillo

Se llama así a una lesión de los dedos en los que la falange distal aparece desplazada en flexión como consecuencia de la rotura del tendón extensor. La causa más habitual es un traumatismo aplicado sobre el dedo cuando está en extensión.

ARTICULACIONES DEL PULGAR

El pulgar presenta rasgos morfológicos y funcionales que le diferencian del resto de los dedos. Dentro de estos rasgos cabe destacar los siguientes:

— Posee únicamente dos falanges, pero al mismo tiempo tiene un metacarpiano que se parece más a una falange que al resto de los metacarpianos.

— Posee músculos específicos para realizar sus movimientos. Estos músculos comprenden músculos largos originados en el antebrazo y músculos cortos que se sitúan en la eminencia tenar de la mano.

— Su movilidad es mayor que la del resto de los dedos.

— Como detalle adicional de la especie humana, el pulgar es proporcionalmente mucho mayor que en los monos, lo que unido a su mayor movilidad le permite alcanzar el pulpejo de los otros dedos para establecer pinzas de precisión que no pueden realizar otras especies.

Articulación carpometacarpiana
(Figs. 6-82 y 6-84)

Se establece entre el trapecio y la base del primer metacarpiano. Morfológicamente se describe como una articulación en silla de montar. Se caracteriza por ser al mismo tiempo una estructura muy estable y poseer una gran movilidad.

El trapecio presenta una superficie revestida de cartílago convexa en sentido antero-posterior y cóncava transversalmente. La base del metacarpiano también está revestida de cartílago y tiene orientación opuesta.

La cápsula fibrosa es laxa pero potente y se inserta en el contorno de las superficies articulares. La membrana sinovial tapiza la cara profunda de la cápsula fibrosa y es independiente de las articulaciones de los huesos del carpo.

La cápsula fibrosa está reforzada por el **ligamento oblicuo posterior**, que se extiende entre el trapecio y la base del metacarpiano reforzando la porción posterior e interna de la articulación, por el **ligamento oblicuo anterior**, similar al anterior pero reforzando el plano anterior, y por el **ligamento carpometacarpiano radial**, que refuerza el plano lateral.

Dinámica funcional

A pesar de poseer una cápsula fibrosa laxa, la articulación es muy estable debido a la contracción tónica de los músculos cuyos tendones cruzan la articulación

La movilidad de esta articulación es muy amplia, en contraste con lo que ocurre en las demás articulaciones carpometacarpianas. Los movimientos principales son la flexión y extensión y la separación y aproximación (abducción/aducción). Además, existe un componente significativo de rotaciones, que, como se describirá, acompaña a las fases finales de la flexoextensión.

Un aspecto que se debe tener en cuenta al de describir los movimientos de esta articulación es que, debido a la posición de rotación interna del pulgar con respecto al resto de los dedos, los movimientos causan un desplazamiento diferente al que se describe en estos. Por ejemplo, durante la flexión y extensión, el pulgar se desplaza en el plano que siguen el resto de los dedos durante la aproximación y separación. Por el contrario, durante la separación y la aproximación, el pulgar se desplaza en el plano de flexoextensión de los demás dedos.

La flexión presenta una amplitud de unos 40° y el final del recorrido se acompaña de una rotación interna debida a la forma de las superficies articulares y a la tensión del ligamento oblicuo posterior. La extensión tiene una amplitud de unos 50° y al final del recorrido se produce una rotación externa resultante de la tensión del ligamento oblicuo anterior.

El *movimiento de flexión* se realiza por la acción indirecta de los **flexores largo** y **corto del pulgar**, que actúan directamente sobre las articulaciones metacarpofalángica e interfalángica.

La *extensión* obedece a un mecanismo similar por los **extensores largo** y **corto del pulgar**.

El movimiento de separación y aproximación tiene lugar según un eje paralelo a la palma de la mano, por lo que en separación el pulgar se aleja de la mano y en aproximación se acerca al índice. La amplitud total del movimiento es de unos 80°.

La *fuerza motora de la aproximación* es el músculo **aproximador del pulgar**, que tira de la primera falange.

La *separación* se realiza por la acción directa de **separador largo del pulgar** y por el **separador corto del pulgar**, que tiran de la falange proximal.

Articulación metacarpofalángica

Se establece entre la cabeza del primer metacarpiano y la base de la falange proximal del pulgar. Sus características

generales coinciden con las que hemos descrito para el resto de los dedos. Sin embargo, la articulación presenta las siguientes peculiaridades:

1. Existen de forma constante dos pequeños huesos sesamoideos que se asocian a los márgenes laterales del ligamento palmar.
2. La cabeza del metacarpiano es más ancha. Este hecho se acompaña de un ensanchamiento de la superficie articular que permite a los huesos sesamoideos contactar con la cabeza del metacarpiano.
3. Los ligamentos laterales se insertan en gran medida sobre los huesos sesamoideos.

Dinámica funcional

La articulación se estabiliza por la tensión de los ligamentos colaterales y por la tensión de los tendones del flexor largo y extensores largo y corto del pulgar.

Desde el punto de vista de su movilidad, la articulación se comporta como una articulación equiparable a las condíleas, que puede realizar de forma activa flexión y extensión y separación-aproximación. Sin embargo, además, de forma pasiva también permite cierto grado de rotación.

El *movimiento de flexoextensión* se realiza según un eje transversal y presenta una amplitud de unos 45º de flexión. La extensión es solamente el retorno a la posición de reposo desde la flexión.

La *fuerza motora de la flexión* es el músculo **flexor corto del pulgar**, que se ayuda del **flexor largo del pulgar**. La *extensión* se realiza por el **extensor corto del pulgar** ayudado por el **extensor largo**.

El *movimiento de separación-aproximación* se realiza según un eje anteroposterior y es algo más reducido que en las demás articulaciones metacarpofalángicas. La separación alcanza unos 15° y la aproximación no es más que la reposición del movimiento de separación.

La *separación* se realiza por el músculo **separador corto del pulgar**, pero su efecto separador es más intenso en la articulación carpometacarpiana. En la aproximación intervienen el **aproximador del pulgar** y el **primer interóseo palmar**.

Aunque las *rotaciones* son principalmente un movimiento pasivo, la contracción conjunta del flexor corto y separador corto del pulgar produce un pequeño efecto de rotación interna que es importante en el movimiento de oposición del pulgar.

Articulación interfalángica

Esta articulación no presenta ninguna diferencia morfológica con las descritas para los demás dedos que merezca ser resaltada. De igual modo desde el punto de vista funcional se comportan como una tróclea que permite movimientos de flexoextensión con una amplitud de unos 90° de flexión y solo 10° de extensión activa, ampliables de forma pasiva.

La *flexión* se realiza por la acción única del músculo **flexor largo del pulgar**. De igual modo, la *extensión* la realiza el músculo **extensor largo del pulgar**.

Movimiento de oposición del pulgar

Con independencia de la movilidad individual de las diferentes articulaciones del pulgar, el movimiento característico del pulgar es la oposición. En este movimiento, se lleva el pulpejo del pulgar para contactar con cualquiera de los demás dedos, para forma una pinza que permite sostener y mover con precisión instrumentos. La adquisición de este movimiento es un rasgo de la especie humana y se considera el paso esencial en la evolución, al conferir a los homínidos la propiedad de manejar herramientas. En clínica humana, las alteraciones que impiden este movimiento causan una grave discapacidad.

El movimiento de oposición consta de *tres etapas* diferentes. En la *primera etapa*, el pulgar realiza a nivel de la articulación carpometacarpiana una flexión y una separación que se acompañan de una rotación interna por la tensión del ligamento oblicuo posterior. En esta etapa del movimiento actúan los **flexores largo** y **corto del pulgar** y el **separador largo del pulgar**. En la *segunda etapa* se produce una rotación interna activa por la acción del **oponente del pulgar**. La *última etapa* es una aproximación realizada por la contracción del **aproximador del pulgar**, que dirige el dedo en dirección a la palma de la mano De esta manera, el pulgar se sitúa opuesto al plano de los demás dedos para posteriormente establecer contacto con el dedo elegido.

Subsiguientemente al movimiento básico de oposición, se ha descrito un movimiento adicional de *traslación del pulgar* desde el 2.º al 5.º dedo o del 5.º al 2.º para contactar con el dedo elegido.

La traslación del 2.º al 5.º dedo se realiza por la acción conjunta del separador y el fascículo superficial del flexor corto (*brida externa*). De los dos músculos, el separador es más importante cuando el pulgar se dirige al índice o al corazón, mientras que el flexor predomina cuando el pulgar se dirige a los dedos 4.º o 5.º. Por otro lado, el separador imprime cierto desplazamiento del pulgar hacia arriba que le lleva a contactar con la falange distal.

El movimiento de traslación del 5.º dedo al 2.º dedo, depende del aproximador y la porción profunda del flexor corto (*brida interna*).

En el caso de las pinzas de precisión, la oposición se establece entre el pulpejo del pulgar y el del incide, como la que se realiza al utilizar un lápiz para escribir o un pincel para pintar. Existe una última etapa en el movimiento que consiste en la realización de pequeños *movimientos de flexoextensión*. La flexión de la falange distal del pulgar se efectúa por el músculo flexor largo del pulgar y la extensión por las expansiones que emiten los músculos flexor corto, separador corto y aproximador del pulgar hacia los tendones de los extensores del pulgar.

El movimiento opuesto a la oposición del pulgar, el movimiento de reposición del pulgar, se realiza por la acción de los extensores corto y largo del pulgar junto con el separador largo del pulgar.

Función prensil de la mano (Fig. 6-96)

La mano es el extremo funcional de la extremidad superior. Los movimientos de la mano en conjunto son extremadamente complejos, pero pueden clasificarse en movimientos prensiles, en los que agarra un objeto bien entre los dedos o entre los dedos y la palma de la mano, y movimientos no prensiles, tales como empujar o elevar objetos sin agarrarlos.

Los movimientos prensiles comprenden movimientos específicos de la mano humana que no pueden realizar otros primates, y que han permitido a los homínidos manejar herramientas durante la evolución. Se agrupan en cuatro diferentes formas de pinza o asimiento:

— **Prensión por oposición digitopalmar** (prensión en gancho). Es una forma muy básica de sujeción que no requiere la participación del pulgar. Un ejemplo es la que se utiliza para transportar un maletín por su asa. Se efectúa por la acción de los músculos flexores de los dedos y la pueden hacer todos los primates

— **Prensión interdigital laterolateral** (prensión en tijeras). Es la forma en la que los fumadores sostienen los cigarrillos. El objeto se sujeta por la formación de una pinza entre las caras laterales de los dedos, habitualmente del índice y el corazón. Se produce por la acción de los músculos interóseos ventrales.

— **Prensión de precisión**. En esta forma de prensión siempre participa el pulgar mediante un movimiento de oposición. Incluye las formas de prensión exclusivas de la especie humana. Aunque la más característica de las pinzas de precisión es aquélla en que el objeto se sujeta entre el pulpejo del pulgar y el pulpejo de otro dedo, como al utilizar un lápiz o un pincel, existen variantes en las que la pinza se realiza entre el pulgar y varios dedos (p. ej., al enroscar una bombilla) o entre el pulgar y la parte lateral de un dedo (p. ej., al introducir una llave en su cerradura).

— **Prensión de potencia**. Se realiza entre la palma de la mano y los dedos, incluyendo al pulgar, que desempeña un papel fundamental en la sujeción. En esta forma de prensión, el pulgar realiza el movimiento de oposición excepto la fase final de flexoextensiones de la falange distal. El objetivo de esta forma de prensión es desarrollar una fuerza importante, pero a diferencia de las prensiones en las que no se utiliza el pulgar, requiere también destreza y habilidad. Las diferentes formas de este tipo de prensión son la *prensión de fuerza en disco*, que se utiliza para desenroscar la tapa de un bote, la *prensión de fuerza a mano llena*, como la que se emplea para sujetar un martillo, o la *prensión de fuerza esférica*, que se emplea para sujetar con fuerza un objeto esférico como una pelota de béisbol.

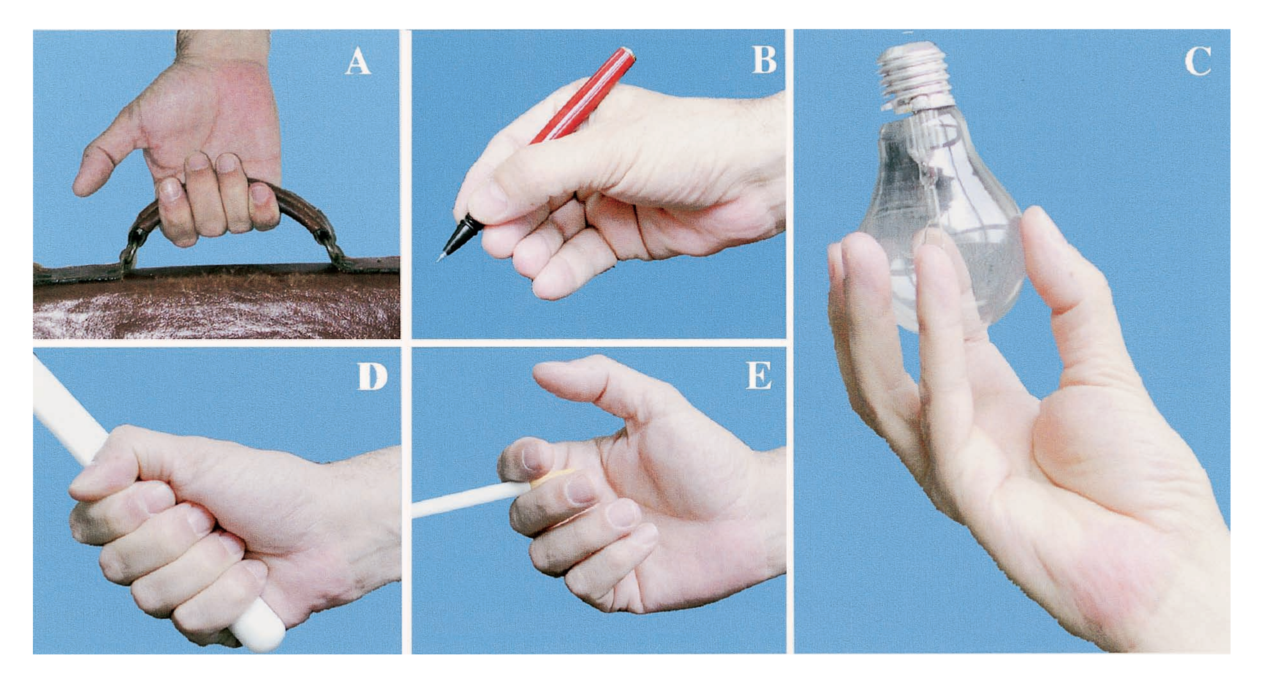


Figura 6-96. Diferentes tipos de movimientos prensiles de la mano. A) Prensión en gancho. B) Prensión de precisión entre pulgar y un dedo. C) Prensión de precisón entre pulgar y varios dedos. D) Prensión de potencia. E) Prensión interdigital latero-lateral o en «tijeras».

CAPÍTULO 7

Aparato locomotor de la extremidad inferior

ORGANIZACIÓN GENERAL
HUESOS
MÚSCULOS Y FASCIAS
ARTICULACIONES Y DINÁMICA FUNCIONAL

ORGANIZACIÓN GENERAL

La extremidad inferior cumple las funciones de locomoción y de sustentación del cuerpo en la posición bípeda. Aunque la extremidad inferior comparte muchos rasgos anatómicos con la extremidad superior, existen también numerosos aspectos morfológicos y funcionales que difieren en ambas extremidades. Como la extremidad superior, la extremidad inferior se encuentra anclada al tronco por un complejo osteoarticular, que se denomina **cinturón pélvico**. Además, la extremidad se estructura en tres segmentos unidos por las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo: el segmento proximal, el **muslo**, cuyo eje óseo lo forma el fémur; el medio, la **pierna**, en el que se disponen la tibia y el peroné; y finalmente el **pie**, formado por múltiples huesos pequeños articulados entre sí. También, al igual que en la extremidad superior, entre los diferentes segmentos se intercalan las articulaciones responsables del movimiento de la extremidad. Sin embargo, los huesos y los músculos de la extremidad inferior son mayores y más robustos que los de la extremidad superior, y las articulaciones poseen una morfología en la que priman los rasgos determinantes de la estabilidad sobre la movilidad. Este último aspecto es particularmente llamativo a nivel del cinturón pélvico. En la pelvis, los huesos forman uniones prácticamente inmóviles estableciendo una estructura que además de transmitir el peso del tronco y dar inserción a los músculos proximales de la extremidad, soporta las vísceras abdominales.

Desde el punto de vista evolutivo, la extremidad inferior humana presenta numerosos rasgos morfológicos característicos de especie, que se deben a la adquisición de la posición erecta. Estos rasgos afectan a la mayoría de los huesos de la extremidad inferior, por lo que el examen de restos fósiles pertenecientes a especies de primates extinguidas permite establecer deducciones sobre sus hábitos posturales y tipo de marcha que practicaban.

Desde el punto de vista clínico, la diferente función entre las dos extremidades determina que el médico adopte una estrategia diferente de la empleada para la extremidad superior cuando es necesario inmovilizar un segmento de la extremidad inferior, por ejemplo, para tratar una fractura ósea. Ante el riesgo de que la inmovilización pueda complicarse con un anquilosamiento articular que origine una inmovilidad permanente, en la extremidad inferior las inmovilizaciones tienden a hacerse de forma que se conserve la función de soporte.

En los capítulos que siguen se describe el aparato locomotor de la extremidad inferior exceptuando los componentes del cinturón pélvico que se han descrito en la sección referente al tronco.

HUESOS

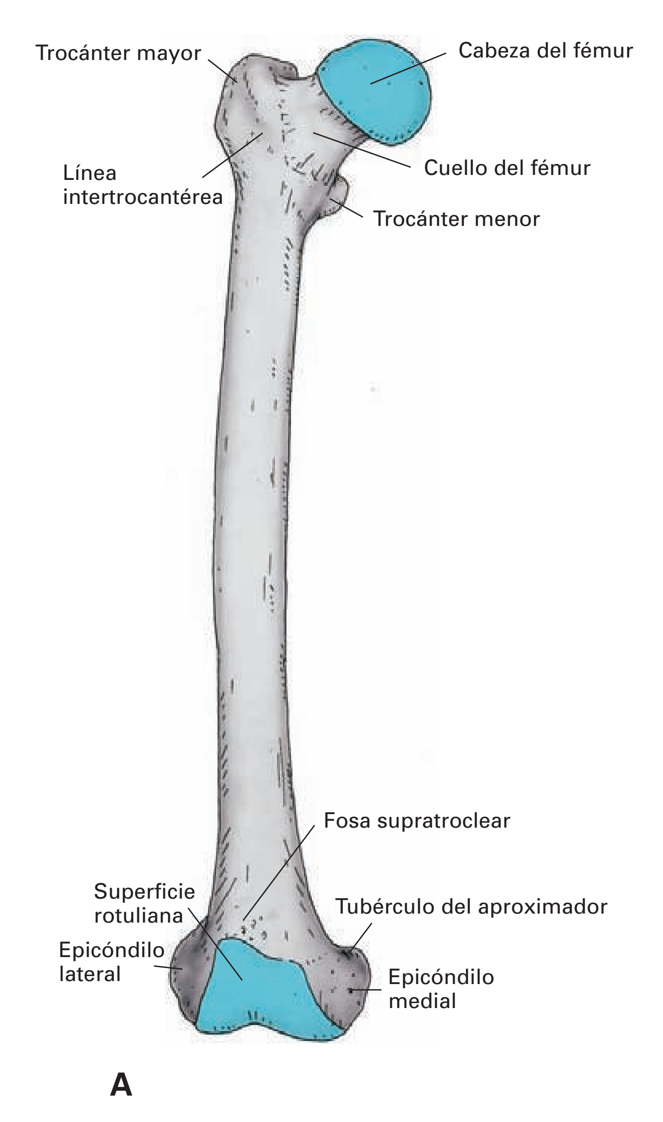
FÉMUR[1] (Figs. 7-1 y 7-2)

Forma el esqueleto del muslo y es el hueso más largo y más robusto del cuerpo. Su tamaño oscila entre 34 y 54 cm; es éste un factor principal en el establecimiento de la talla de cada persona. La disposición general del hueso no es rectilínea sino que presenta una curvatura de concavidad posterior que lo hace más apto para soportar el peso. Esta curvatura diferencia el fémur humano del de los primates que no mantienen la posición erecta y aparece en los niños en torno a los dos años cuando comienzan a caminar. La curvatura no se forma en las personas que sufren una parálisis de la extremidad antes de los dos años. Como en todos los huesos largos, se distingue en el fémur para su estudio un cuerpo o diáfisis y dos extremidades o epífisis.

[1] Fémur del latín *feredum* = que soporta.

Cuerpo

El cuerpo es prácticamente cilíndrico y presta inserción a los músculos del muslo. En su superficie posterior destaca una gran cresta, la **línea áspera**, en la que se suelen localizar los agujeros nutricios del hueso. La línea áspera está originada por la inserción de un gran número de músculos, y en ella se puede distinguir un surco medio de inserción de los músculos aproximadores y bíceps femoral, y



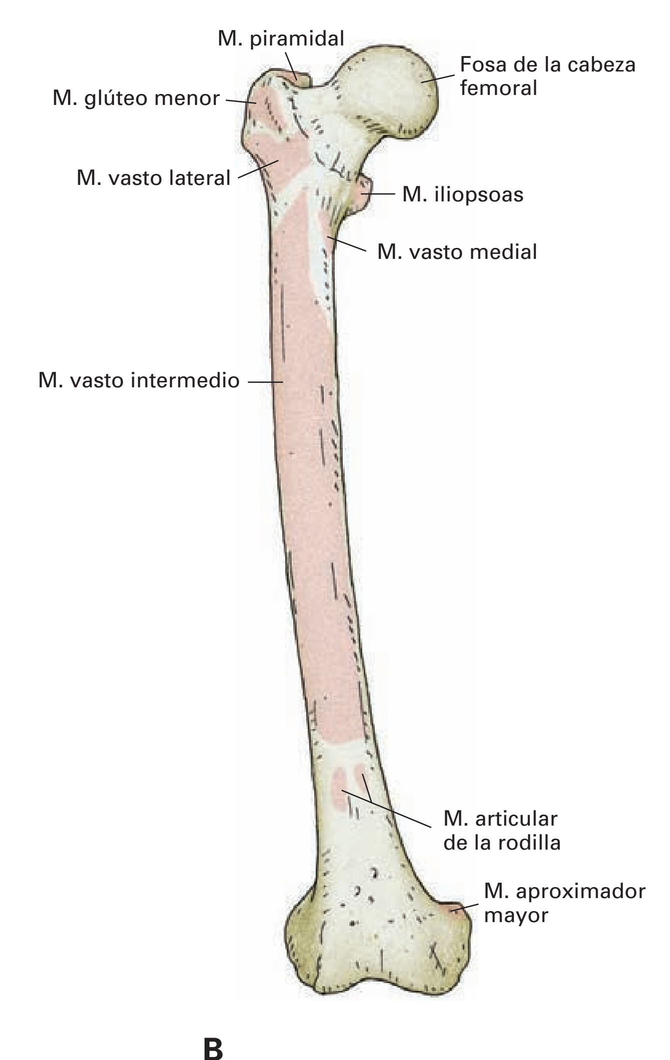


Figura 7-1. Fémur, visión anterior.

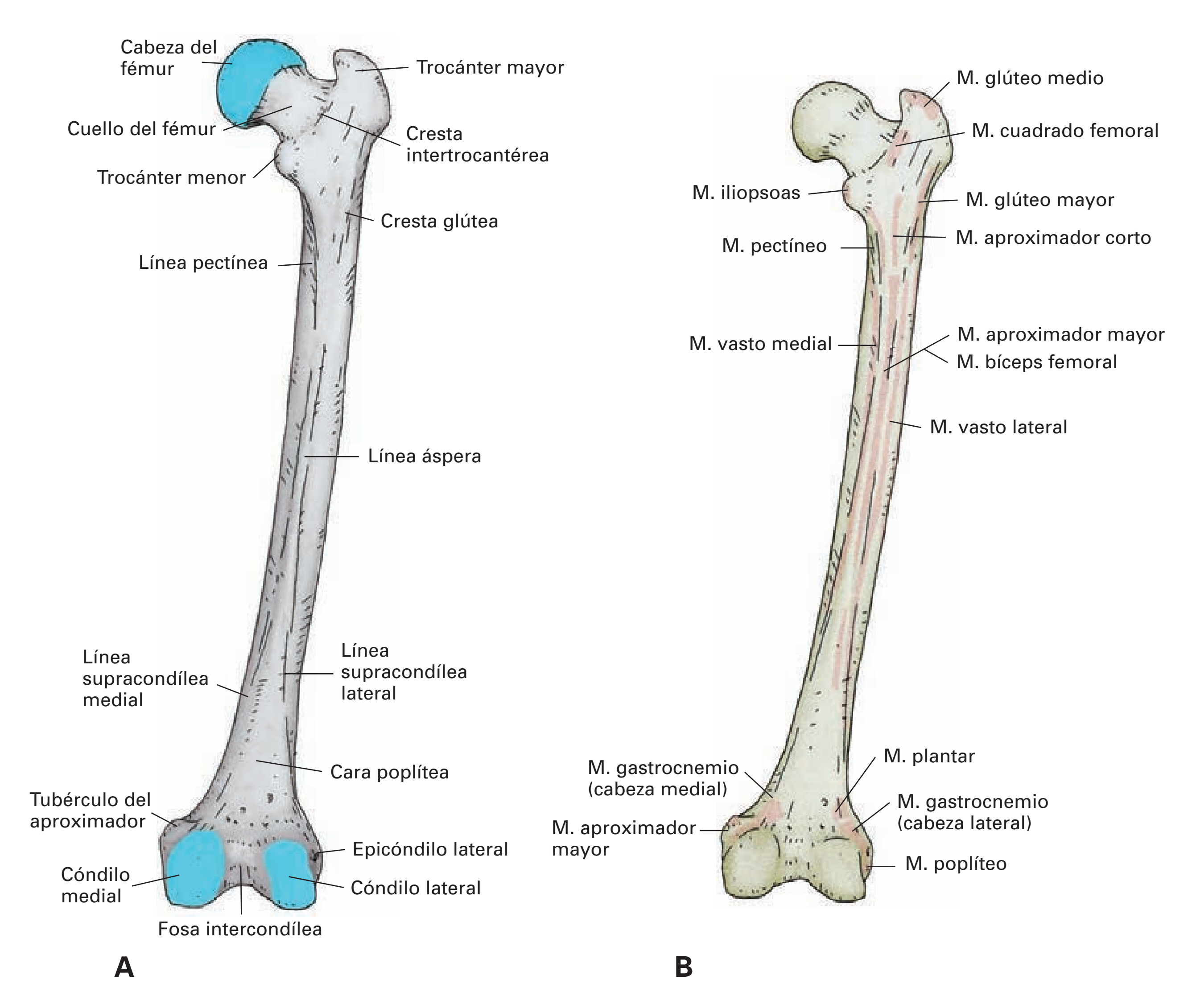


Figura 7-2. Fémur, visión posterior.

dos **labios** que lo limitan donde se insertan los músculos vastos. En el segmento superior del cuerpo, como consecuencia también de inserciones musculares, la línea áspera se ramifica en tres, o más, crestas: la **cresta glútea** (**tuberosidad glútea** cuando es marcada) en posición lateral; la **línea pectínea** en posición intermedia; y la *cresta del vasto medial* en posición medial y rodeando por dentro la extremidad superior del cuerpo femoral. En el segmento inferior del hueso, la línea áspera se bifurca en dos ramas, las **líneas supracondíleas lateral y medial,** que delimitan una superficie plana triangular denominada **cara poplítea**.

Extremidad superior

La extremidad superior del fémur es muy irregular y consta de tres componentes: la **cabeza del fémur**, donde se sitúa la superficie articular para el hueso coxal; el **cuello,** que se extiende oblicuamente entre la cabeza y el cuerpo del fémur; y dos grandes tuberosidades situadas a nivel de la confluencia entre el cuello y el cuerpo femoral, el **trocánter mayor** y el **trocánter menor**. El punto en que confluyen la extremidad superior y el cuerpo del fémur se denomina *cuello quirúrgico* y se dispone circundando por debajo la región trocantérea.

La cabeza representa un segmento de unos 2/3 de esfera de unos 2 ó 2.5 cm de diámetro. Presenta una superficie lisa que está revestida de cartílago articular excepto en una pequeña zona deprimida, denominada **fosa de la cabeza femoral** (*fosita del ligamento redondo*), que ocupa una posición ligeramente posterior e interna. El límite entre la cabeza y el cuello viene marcado por una línea sinuosa cuya disposición motiva que la superficie articular se extienda más hacia el cuello por delante y por detrás, que por arriba y por abajo.

El cuello es un segmento de unos 5 cm de longitud aplanado en sentido anteroposterior con una dirección oblicua hacia afuera y abajo formando un ángulo con el cuerpo de unos 124° (*ángulo de inclinación* o *cervicodiafisario*). La angulación está correlacionada con la anchura de la pelvis y, por tanto, está más acentuada en la mujer. El extremo inferior del cuello se separa del cuerpo femoral por una cresta rugosa, menos marcada en el plano anterior, donde se denomina **línea intertrocantérica**, y más marcada en el posterior, donde se denomina **cresta intertrocantérica**. En esta última aparece un relieve de inserción muscular, el **tubérculo cuadrado**.

El trocánter mayor es una gran tuberosidad de aspecto piramidal situada en el margen externo de la unión entre cuello y cuerpo del fémur. Esta tuberosidad presta inserción a numerosos elementos musculares del cinturón pélvico y es palpable en la parte externa de la cadera, algunos centímetros por debajo de la cresta ilíaca. En su superficie interna destaca una pequeña depresión, la **fosa trocantérica** (*fosita digital*).

El trocánter menor es una tuberosidad cónica originada por la inserción del músculo iliopsoas, que se sitúa, en un plano ligeramente posterior, a nivel del margen interno de la confluencia entre el cuerpo y el cuello del fémur.

Coxa vara y coxa valga

El ángulo de inclinación del fémur está alterado en diversas condiciones patológicas. Se denomina *coxa vara* a la disminución de los valores normales del ángulo y ocurre cuando el hueso se debilita, como sucede en el raquitismo, causando cierto acortamiento de la extremidad. Se denomina *coxa valga* al aumento del ángulo de inclinación y que puede ser un trastorno congénito o estar causado por parálisis muscular. Los niños recién nacidos muestran una situación de coxa valga que se va corrigiendo a medida que aprenden a caminar.

Fracturas del cuello del fémur

Las fracturas del cuello del fémur son muy frecuentes en las personas mayores, especialmente en las mujeres por padecer osteoporosis asociada a la menopausia. Estas fracturas están en alguna medida causadas por el deterioro de la vascularización de la extremidad superior del fémur que ocurre durante el envejecimiento. La gravedad y la forma de tratamiento de estas fracturas están condicionadas a su relación con la cápsula articular de la cadera y a la posible lesión de las arterias circunflejas.

Extremidad inferior

La extremidad inferior del fémur es un ensanchamiento transversal de la diáfisis femoral. Consta de dos grandes masas óseas laterales, los **cóndilos femorales,** que están unidos en el plano anterior mientras que por detrás se separan por una profunda depresión, la **fosa intercondílea** (*escotadura intercondílea*). Para su descripción se puede distinguir en los cóndilos un sector articular, que ocupa la superficie inferior y posterior de los cóndilos, y un sector no articular, que comprende las caras laterales de los cóndilos y la fosa intercondílea.

En el sector articular se pueden distinguir la **superficie rotuliana** (*tróclea femoral*), que ocupa la parte anterior, y a continuación las **superficies condíleas**. La superficie rotuliana consta de dos vertientes separadas por una garganta media. La vertiente externa es algo más ancha y más saliente que la interna. Por encima de la tróclea, en el límite con el extremo inferior del cuerpo del fémur, se sitúa la **fosa supratroclear**.

Las superficies condíleas continúan hacia atrás a las vertientes de la tróclea y están separadas una de la otra por la fosa intercondílea. Algunas características geométricas de las superficies condíleas son de interés en la dinámica de la articulación de la rodilla: 1) ambas superficies describen un curvatura espiral en la que el radio va disminuyendo progresivamente (su contorno es más cóncavo cuanto más posterior); 2) la interna es más larga que la externa; y 3) se disponen en planos que no son paralelos sino que divergentes (se suelen comparar a las ruedas de un coche desvencijado).

Las caras no articulares de los cóndilos presentan accidentes debidos a inserciones musculoligamentosas.

En la superficie medial del cóndilo interno hace relieve el **epicóndilo medial** (*tuberosidad interna del fémur*) y por encima de él se dispone el **tubérculo del aproximador**.

En la superficie lateral del cóndilo externo aparece el **epicóndilo lateral** y por debajo de él, el **surco del músculo poplíteo**.

La fosa intercondílea es una superficie rugosa con numerosos orificios vasculares; en el extremo anterior, separándola de la superficie rotuliana, se observa la **línea intercondílea**.

Estructura ósea de la extremidad superior del fémur

La organización del tejido óseo en la extremidad superior del fémur refleja la forma en que se transmiten las cargas a través del hueso y pone de manifiesto las zonas con menor resistencia y, por lo tanto, más susceptibles de sufrir fracturas.

Desde la extremidad superior del fémur las cargas se transmiten al extremo superior del tejido compacto de la diáfisis. La zona de transición entre el tejido compacto de la diáfisis y el esponjoso de la epífisis se organiza de forma diferente en los márgenes externo e interno del hueso. En el margen externo, el hueso compacto de la capa cortical de la diáfisis del fémur se agota en la base del trocánter mayor. En el margen interno, la capa cortical de tejido óseo compacto es más gruesa y se prolonga por la parte inferior del cuello femoral hasta el límite inferior de la cabeza formando el denominado arbotante inferior del

cuello o *calcar femoral*. Esta región es una zona importante de resistencia y está más engrosada a nivel del trocánter menor (*espolón femoral*).

Las trabéculas de tejido óseo esponjoso de la epífisis convergen hacia las dos columnas de tejido compacto descritas antes, en patrones bien definidos. Por un lado, desde la cabeza femoral se organiza un sistema de trabéculas en forma de abanico que converge hacia el extremo distal del calcar femoral. Por el otro, se establecen dos sistema de trabéculas dispuestas a modo de ojivas, uno externo que va del margen inferior de la cabeza hacia la base del trocánter mayor y otro interno que va del vértice del trocánter mayor a la base del trocánter menor.

La organización de las trabéculas descrita motiva que en la parte inferior del cuello quede una zona limitada entre los sistemas en abanico y los ojivales donde las trabéculas carecen de organización específica. Esta zona es un punto débil del cuello del fémur por donde suelen pasar las líneas de fractura y se ha denominado triángulo interno del fémur (triángulo de Ward). El margen superior del cuello no es una zona débil por estar reforzado por un engrosamiento de la capa cortical que reviste la superficie de la epífisis (lámina compacta supracervical).

Osificación

El fémur posee un centro primario de osificación en el cuerpo que aparece en el segundo mes de vida fetal. Este centro se extiende por la diáfisis y por el cuello. Los centros secundarios aparecen a partir del nacimiento. El primero que se puede identificar es el de la epífisis inferior que aparece en el período inmediatamente anterior al nacimiento. Luego aparecen centros secundarios en los accidentes de la extremidad superior, primero el centro de la cabeza (en 1.º o 2.º año), más adelante, el centro del trocánter mayor (a los 4 ó 5 años), y por último, antes de la pubertad, el centro del trocánter menor.

La fusión entre los centros de la extremidad superior con la diáfisis ocurre hacia los 18 años, y la cabeza es la última que se fusiona. La fusión del centro epifisario inferior con la diáfisis ocurre hacia los 20 años.

La presencia del centro epifisario inferior se emplea en medicina forense para diagnosticar si un cadáver fetal ha alcanzado la edad del nacimiento (feto a término)

RÓTULA (Fig. 7-3)

La rótula (**patella**) es un hueso sesamoideo situado en el plano anterior de la articulación de la rodilla, engastada en el tendón del cuádriceps, que puede estar ausente en algunos individuos. Es aplanada, de forma triangular con vértice inferior, y su eje mayor mide unos 5 cm. El borde superior (**base**) y la **cara anterior** reciben las fibras del tendón del cuádriceps, y de su **vértice** parte el ligamento rotuliano que continúa al tendón del cuádriceps. La cara posterior (**cara articular**) posee la superficie articular para el fémur y, por debajo, una zona rugosa relacionada con formaciones adiposas de la articulación de la rodilla. La superficie articular consta de dos vertientes laterales sepa-

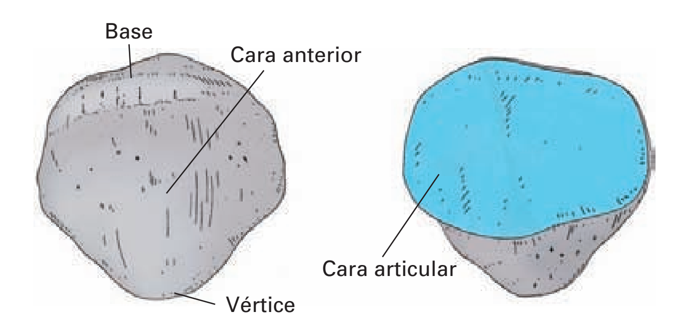


Figura 7-3. Rótula.

radas por una cresta roma central que se adaptan a la superficie rotuliana del fémur.

Osificación

La rótula permanece cartilaginosa hasta los 2 ó 3 años, en que aparecen uno o varios centros de osificación. La osificación se completa en la pubertad.

> En algunas ocasiones, los centros de osificación no se fusionan de forma completa y la rótula puede aparecer dividida en partes (rótula bipartita o tripartita), que no deben confundirse con una fractura rotuliana.

TIBIA[2] (Fig. 7-4)

La tibia forma junto con el peroné el esqueleto óseo de la pierna. De los dos huesos, la tibia es el responsable de la transmisión de cargas (cuando un sujeto sufre una fractura de la tibia y trata de incorporarse, inmediatamente se produce una fractura de peroné, ya que este hueso es incapaz de soportar por sí solo la carga correspondiente a la pierna). Consta de un cuerpo y dos extremidades.

Cuerpo

Es más voluminoso en sus extremos que en el centro y consta de tres caras (medial, lateral y posterior) separadas por bordes agudos. De ellas, la **cara medial** hace relieve bajo la piel ya que, excepto en su extremo superior, está libre de inserciones musculares. La **cara lateral** carece de accidentes de interés y la **posterior** está cruzada en su porción superior por una cresta oblicua, la **línea del sóleo**, por debajo de la cual se sitúa el agujero nutricio. Los tres bordes del cuerpo están bien acentuados y, de ellos, el **anterior** (*cresta tibial*) es el más agudo, y el externo da inserción a la membrana interósea (**borde interóseo**).

[2] Tibia es un término muy antiguo que refiere a instrumentos musicales formados por tubos de huesos de animales.

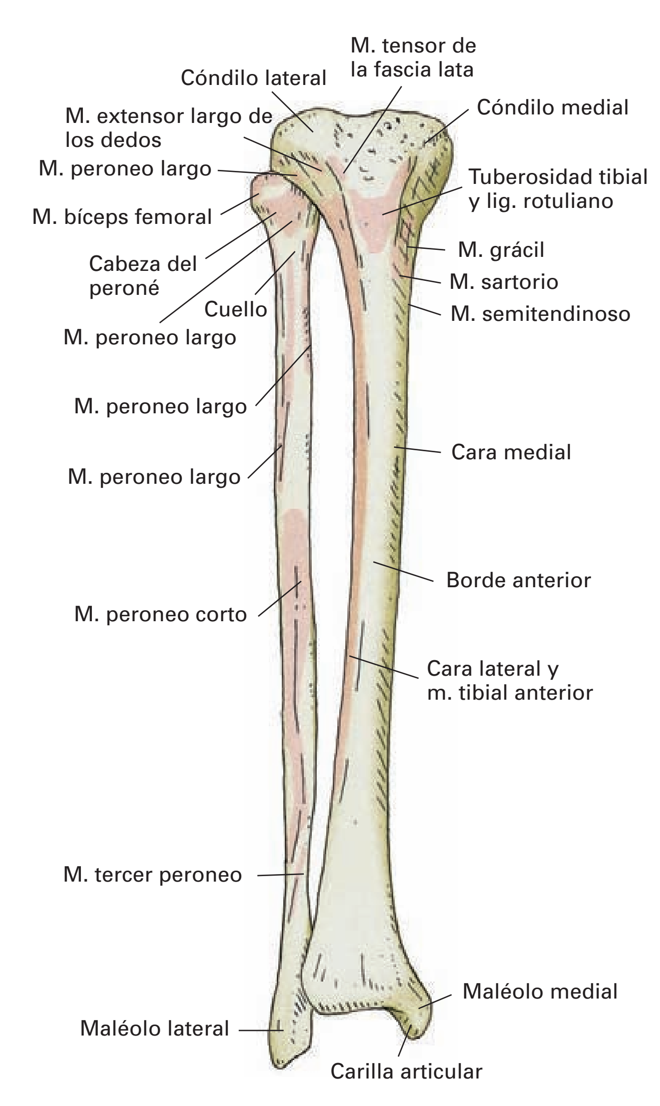


Figura 7-4. Tibia y peroné, visión anterior.

Extremidad superior

Está constituida por dos grandes masas óseas, los **cóndilos tibiales**, adosados uno al lado del otro, que soportan las superficies articulares para el fémur.

La cara superior presenta una amplia superficie aplanada a modo de meseta (*meseta tibial*) en la que se distinguen las dos **superficies articulares condíleas** (*cavidades glenoideas de la tibia*) separadas por el **espacio intercondíleo** (*espacio interglenoideo*). Las superficies articulares tienen forma ovoide, están ligeramente deprimidas y se revisten de cartílago articular. La interna es algo más cóncava y más alargada que la externa. El espacio intercondíleo está dividido en dos sectores, **anterior** y **posterior**, por dos espinas óseas (**tubérculos intercondíleos**) que forman en conjunto la **eminencia intercondílea**.

En el contorno de la extremidad superior de la tibia (*contorno de la meseta tibial*) se disponen varios accidentes óseos. Por delante, marcando la separación entre los dos cóndilos, está la **tuberosidad tibial** (*tuberosidad anterior de la tibia*). Por detrás, los dos cóndilos se delimitan por una zona deprimida. En la parte posterior del lado externo se encuentra una pequeña superficie plana de forma ovoide para la extremidad superior del peroné, la **carilla articular peroneal**, y, por delante de ella, un relieve de inserción del músculo tensor de la fascia lata (*tubérculo de Gerdy*).

Extremidad inferior

Es menos voluminosa que la superior y tiene el aspecto de una pirámide truncada, en la que el vértice representa la zona de continuidad con la diáfisis tibial. La base dispone de una amplia superficie articular para el astrágalo, la **carilla articular inferior**, que consta de dos vertientes separadas por un cresta obtusa mediosagital. La superficie medial es palpable bajo la piel y se continúa hacia abajo por el **maléolo medial**, que es una prominente prolongación ósea que en su sector lateral posee una **carilla articular** para el astrágalo. La superficie lateral presenta la **escotadura peroneal**, que es una superficie articular para la extremidad inferior del peroné.

Fracturas de la tibia

Las fracturas de la tibia son relativamente frecuentes por la disposición próxima a la piel que tiene este hueso. Este hecho determina, además, que las fracturas se infecten con frecuencia. La zona de fractura más frecuente es la unión entre el tercio inferior y los dos tercios superiores del cuerpo, que es la más delgada del hueso y la que posee una peor vascularización.

Osificación

El centro primario se dispone en la diáfisis y aparece hacia la 7.ª semana del desarrollo y se extiende hacia las extremidades de la tibia, que son cartilaginosas hasta el nacimiento. Hacia el período del nacimiento aparece una centro de osificación secundario en la extremidad superior y a los dos años otro centro secundario para la extremidad inferior. Además, hacia los 11 años puede aparecer un tercer centro secundario asociado a la tuberosidad tibial. La osificación se completa primero en el extremo inferior del hueso (18-19 años), y posteriormente lo hace en la extremidad superior (20-22 años).

FÍBULA[3] O PERONÉ (Fig. 7-5)

Es un hueso alargado y fino cuya función, más que la de soporte, es aportar superficie ósea para las inserciones musculares y contribuir a formar la articulación del tobillo. Consta de dos extremidades y un cuerpo.

[3] Fíbula en latín significa aguja.

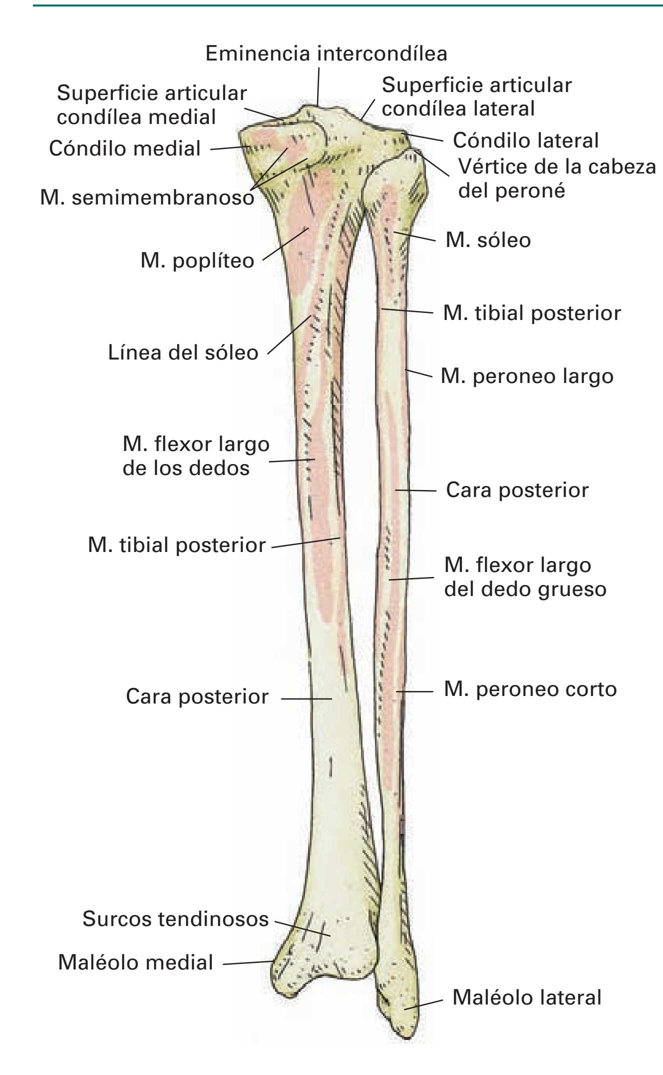


Figura 7-5. Tibia y peroné, visión posterior.

> Con alguna frecuencia en cirugía se utiliza el peroné como fuente de obtención de tejido óseo para injertar en otros huesos malformados o con grandes lesiones. Con este objetivo se pueden realizar extirpaciones de gran parte del cuerpo del peroné sin causar déficit funcional en la pierna.

El cuerpo es un cilindro irregular en el que algunos relieves denominados bordes (**anterior**, **posterior** e **interóseo)** separan superficies descritas como caras (**media**l, **posterior** y **lateral**). Tanto en unos como en otros se insertan músculos de la pierna sin causar relieves de interés.

La extremidad superior o **cabeza** es una región dilatada que se separa del cuerpo por un estrechamiento, el **cuello del peroné**. En su zona medial presenta una pequeña **carilla articular** plana de contorno ovoideo para la extremidad superior de la tibia y por fuera de ella una prolongación ósea, el **vértice de la cabeza del peroné** (*apófisis estiloides*) donde se inserta el bíceps femoral.

La extremidad inferior, o **maléolo lateral**, es más abultada y alargada que la extremidad superior. Presenta una cara medial ocupada principalmente por una amplia superficie articular para el astrágalo. La superficie lateral es subcutánea en su porción anterior y en su parte posterior se encuentra un surco por donde pasan los tendones de los músculos peroneos.

Osificación

El centro primario se dispone en la diáfisis y aparece hacia la 7.ª semana del desarrollo y se extiende hacia las extremidades que permanecen cartilaginosas hasta después del nacimiento. Hacia los 2 años aparece el centro secundario para la extremidad inferior y hacia los 3 ó 4 años, el centro secundario de la extremidad superior. La osificación del peroné se completa hacia los 20 años.

HUESOS DEL PIE (Figs. 7-6 a 7-10)

Desde el punto de vista anatómico, se distinguen en el pie tres regiones óseas, el **tarso**[4]**,** el **metatarso** y los **dedos**. Sin embargo, desde el punto de vista funcional y quirúrgico, es más conveniente dividir el pie en tres unidades (Fig. 7-6).

La **unidad posterior** contiene el **astrágalo** y el **calcáneo**, que son los dos huesos más posteriores del tarso. La **unidad media** contiene al resto de huesos del tarso, que comprendan, el **navicular** (*escafoides*), las tres **cuñas** y el **cuboides**. Finalmente, la **unidad anterior** se corresponde con el segmento ocupado por los metatarsianos, de donde parten los dedos. Las líneas de separación de las tres unidades coinciden con las zonas de elección para realizar amputaciones parciales del pie.

Unidad posterior del pie

Está formada por el astrágalo y el calcáneo. El calcáneo se dispone por debajo y está orientado ligeramente hacia fuera. El astrágalo está apoyado sobre la parte anterior del calcáneo, y es el hueso que establece el contacto articular con los huesos de la pierna.

Astrágalo[5] (Figs. 7-11 y 7-12)

Es un hueso corto y ligeramente alargado en el que se pueden distinguir un **cuerpo**, una **cabeza** y un **cuello**. Una característica peculiar del astrágalo es que carece de inserciones musculares y tendinosas.

El cuerpo tiene forma cúbica con seis caras. La cara superior (Fig. 7-11) está formada por una superficie articular en forma de polea para la tibia, la **tróclea astragalina**,

[4] Tarso es un término que refiere a un cesto de mimbre aplanado.
[5] Astrágalo del griego *dado*. Con astrágalos de ovejas se jugaba a las tabas.

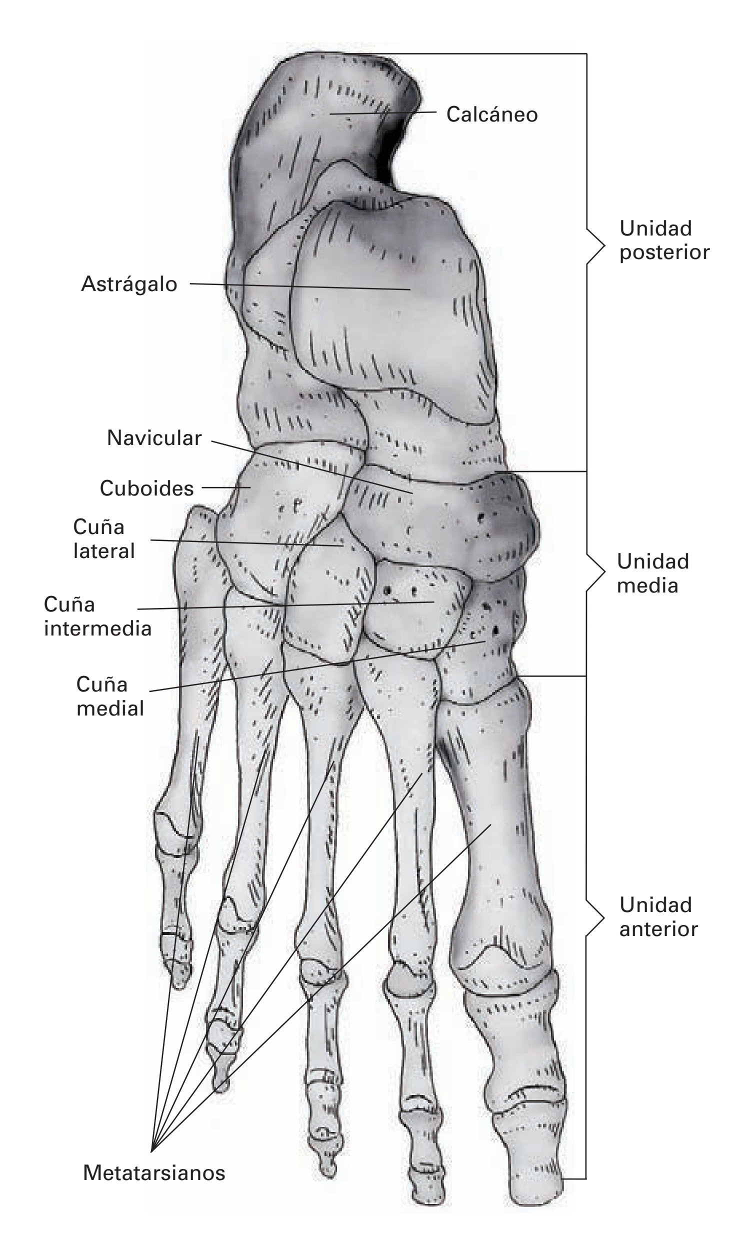


Figura 7-6. Huesos del pie, visión dorsal.

que es más ancha en su parte anterior. Las caras laterales presentan superficies articulares para los maléolos, las **carillas maleolares**; de ellas, la **lateral** tiene forma triangular de base superior y la **medial**, que es más pequeña, tiene forma triangular de base anterior. En la cara inferior hay un surco muy acentuado, el **surco astragalino** (Fig 7-12). Por delante del surco se dispone la **carilla articular media para el calcáneo**, que también pertenece al cuello del hueso, y, por detrás, se dispone la **carilla articular posterior para el calcáneo**, que tiene la forma de un segmento de cilindro hueco. En la cara posterior del cuerpo del astrágalo hay dos **tubérculos** (**lateral** y **medial**) separados por un **surco para el tendón del flexor largo del primer dedo**.

La cabeza del astrágalo está constituida por una amplia superficie articular convexa en la que se puede distinguir un sector anterior para el hueso navicular, **carilla articular navicular**, un segmento de transición dispuesto más inferiormente, la **carilla articular para el ligamento calcaneonavicular plantar**, y un sector inferior para el calcáneo, la **carilla articular anterior para el calcáneo**.

El cuello del astrágalo es la zona de transición entre cuerpo y cabeza y está bien definido en las caras superior y laterales del hueso. En la cara inferior contacta con el calcáneo por la **carilla articular media para el calcáneo**.



Figura 7-7. Radiografía dorsoplantar del pie. 1) Astrágalo; 2) calcáneo; 3) navicular; 4) cuboides; 5) cuña medial; 6) cuña intermedia; 7) cuña lateral; 8) hueso sesamoideo.

Osificación

Posee un único centro de osificación que aparece poco antes del nacimiento.

> **Fracturas**
>
> Las fracturas del astrágalo suelen producirse por caídas o por traumatismos directos sobre el pie y tienen lugar con más frecuencia por el cuello del astrágalo, que es la zona más débil del hueso. Las complicaciones más habituales de las fracturas de este hueso son las necrosis, secundarias a la afectación vascular causada por la fractura, y las luxaciones de uno de los fragmentos del hueso.

Calcáneo[6] (Figs. 7-6 a 7-10 y 7-13 a 7-14)

Es el mayor de los huesos del pie y se sitúa por debajo del astrágalo formando en conjunto la unidad posterior del pie. Tiene forma de cubo alargado con seis caras bien definidas.

La cara superior (Fig. 7-13) posee una zona posterior amplia que carece de accidentes óseos de interés y es responsable de formar el relieve del talón. Por delante de esta región, la cara superior del calcáneo presenta tres **carillas articulares para el astrágalo** (**posterior**, **media** y **anterior**) que son complementarias de las descritas en la superficie inferior del astrágalo. Entre las superficies articulares posterior y media se dispone el **surco calcáneo**. En el pie articulado, el surco calcáneo queda aplicado al surco astragalino, formando el **seno del tarso**, que es un conducto dirigido oblicuamente hacia delante y afuera donde se aloja el ligamento astrágalo-calcáneo interóseo.

[6] Calcáneo del latín *calx* = talón.

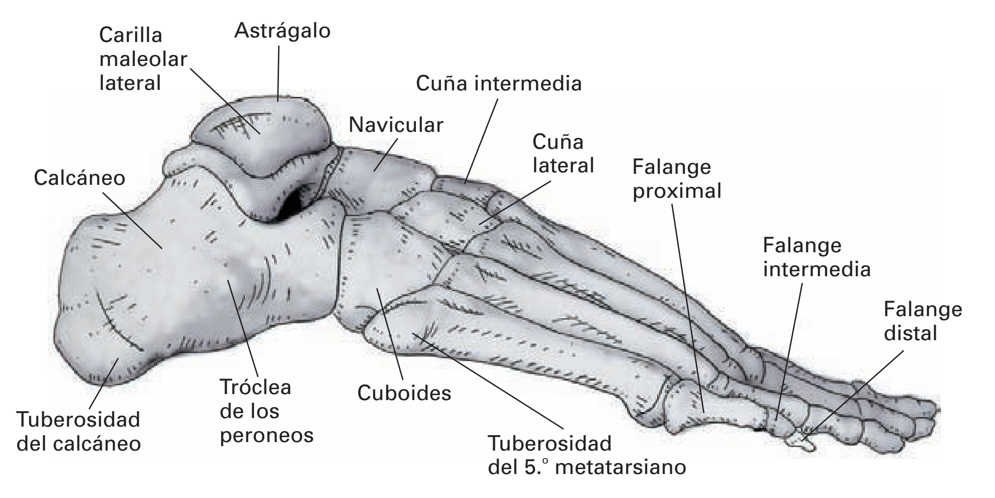


Figura 7-8. Huesos del pie, visión lateral.



Figura 7-9. Radiografía lateral del pie. 1) Astrágalo; 2) calcáneo; 3) navicular; 4) cuboides; 5) cuña medial; 6) 5.º metatarsiano. El asterisco señala el seno del tarso.

La cara anterior presenta una superficie articular para el cuboides, que es aplanada en sentido transversal y ligeramente convexa en sentido vertical.

La cara posterior es rugosa por abajo, donde forma una gran prominencia, la **tuberosidad del calcáneo**, que en la zona de continuidad con la cara inferior, está dividida en un proceso lateral y otro medial.

La cara inferior es la cara de apoyo del calcáneo y en su extremo posterior hacen relieve los procesos lateral y medial de la tuberosidad del calcáneo.

La cara lateral presenta en su parte media la **tróclea de los peroneos**, que es un tubérculo que separa los tendones de los músculos peroneos cuando discurren aplicados a esta cara.

La cara medial (Fig. 7-14) aparece como un gran surco dirigido oblicuamente hacia abajo y hacia delante, el *canal calcáneo*. Por encima y por delante del canal calcáneo sobresale una prominencia ósea que prolonga como un «alero» a la cara superior del hueso, el *sustentaculum tali* (**sustentáculo del astrágalo**). Bajo esta prominencia aparece el **surco para el tendón del músculo flexor largo del primer dedo**, mientras que en su cara superior se sitúa la superficie articular media para el astrágalo.

Desde el punto de vista estructural, la importante función sustentadora del calcáneo determina que sus trabéculas óseas tengan un ordenación muy precisa. En cortes del hueso o en imágenes radiológicas se puede apreciar que desde la zona articular con el astrágalo parten dos sistemas de trabéculas, uno posterior, hacia el talón, y otro anterior, hacia la articulación con el cuboides. Los dos sistemas se unen además por un tercer haz de trabéculas que discurre horizontalmente bajo la superficie inferior del hueso. La zona central del hueso es de baja densidad ósea y queda enmarcada por los tres sistemas trabeculares descritos.

Osificación

Posee un centro primario de osificación para la parte anterior del hueso que aparece al sexto mes de vida fetal y un centro secundario para la zona posterior de inserción del tendón calcáneo que se desarrolla a los 8-9 años.

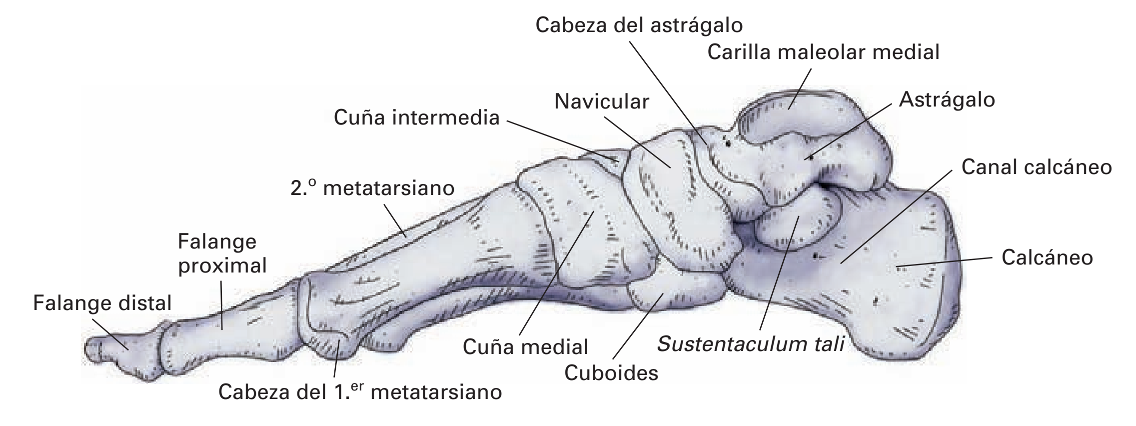


Figura 7-10. Huesos del pie, visión medial.

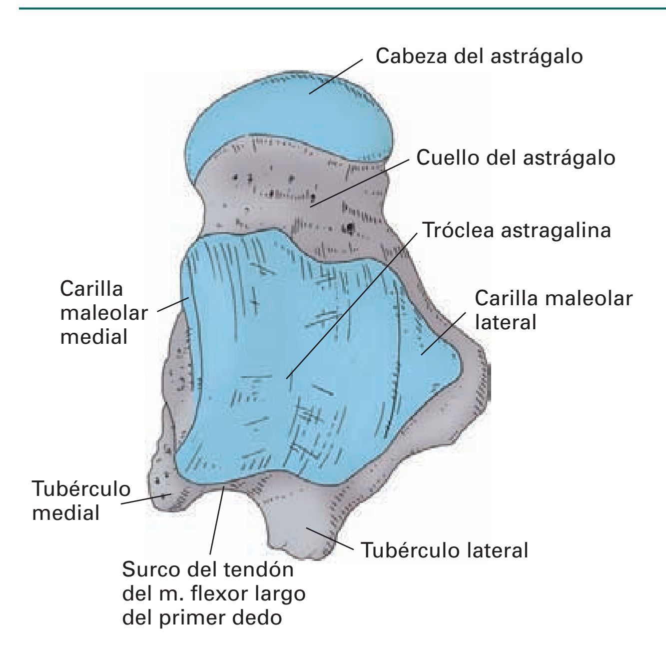


Figura 7-11. Astrágalo, visión superior.

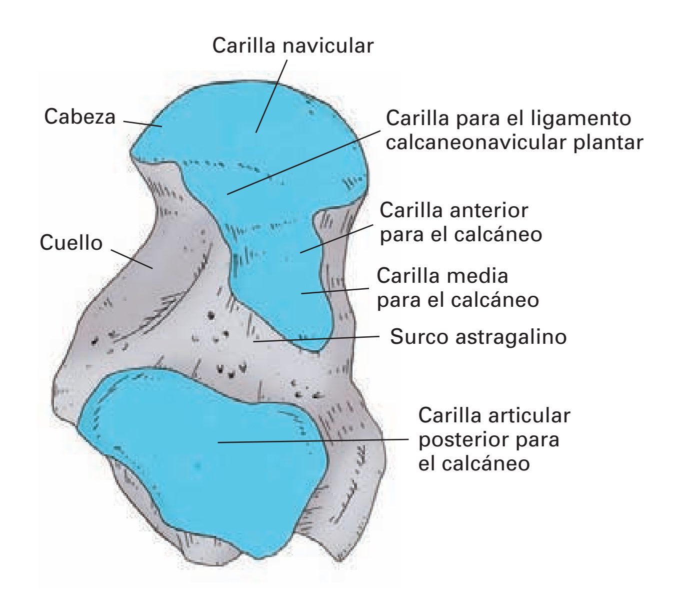


Figura 7-12. Astrágalo, visión inferior.

Espolón calcáneo

Es una prominencia ósea dolorosa asociada a la cara inferior del calcáneo debida a la calcificación de la inserción de la fascia plantar. La alteración es secundaria a estiramientos excesivos y continuados de la fascia que se dan en sujetos con sobrepeso o con anomalías en la forma del pie. El uso de plantillas ortopédicas que alivian la tensión sobre la zona puede ser suficiente para evitar la inflamación y el dolor, pero en ocasiones el espolón debe extirparse quirúrgicamente.

Unidad media del pie

Comprende cinco huesos (cuboides, navicular y cuneiformes; Fig. 6-10) que, en conjunto, forman un triángulo de márgenes irregulares con la base situada medialmente y el vértice lateral. En el margen anterior del triángulo destaca una escotadura situada a nivel del segundo cuneiforme, donde se engasta la base del segundo metatarsiano. El margen posterior del triángulo es doblemente cóncavo y presenta las superficies articulares para la unidad posterior del pie.

Cuboides (Fig. 7-6 a 7-8)

Es un hueso de forma cuboidea situado en el margen lateral del pie, por delante del extremo anterior del calcáneo, con el que se articula. La mayor parte de su superficie está ocupada por superficies articulares para los huesos vecinos.

La cara posterior es articular para el calcáneo. La cara anterior presenta dos facetas planas articulares para las bases del cuarto y del quinto metatarsianos. La cara medial es rugosa por detrás, mientras que por delante se articula con el cuneiforme lateral y, a veces también, con el navicular. La cara lateral es estrecha, a modo de borde, y está recorrida por un surco oblicuo hacia abajo y hacia delante que se dirige hacia la cara inferior del hueso por el que discurre el tendón del peroneo largo. La cara inferior está recorrida transversalmente por el **surco del tendón del peroneo largo** que se dirige hacia las cuñas. El margen posterior del surco forma un relieve muy acentuado, denominado **tuberosidad del cuboides** (*cresta cuboidea*).

Osificación

Posee un único centro de osificación que aparece en los primeros meses después del nacimiento.

Navicular (Figs. 7-6 a 7-10)

El navicular (*escafoides*) es un pequeño hueso con forma de barca que se interpone entre la cabeza del astrágalo y los huesos cuneiformes. La cara posterior es una superficie articular cóncava para la cabeza del astrágalo. La cara anterior tiene tres facetas planas separadas que se articulan con los tres huesos cuneiformes. Las caras superior e inferior son estrechas y rugosas. La cara medial es realmente un vértice (la proa de la barca) y está constituida por la **tuberosidad del navicular**. La cara lateral (la popa de la barca) es también una zona estrecha en la que de forma inconstante aparece una superficie articular para el cuboides.

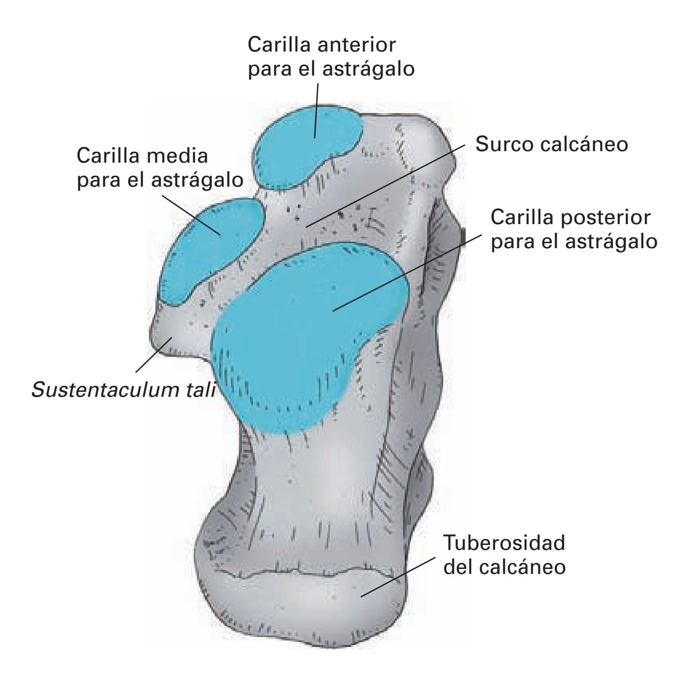


Figura 7-13. Calcáneo, visión superior.

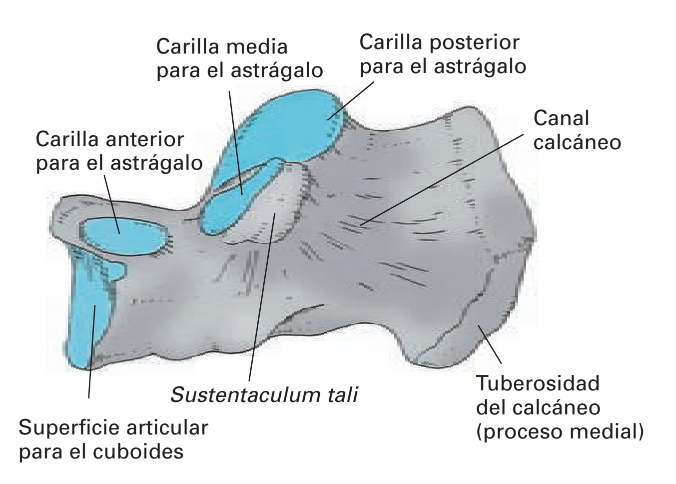


Figura 7-14. Calcáneo, visión medial.

Osificación

Posee un único centro de osificación que aparece a los 3 ó 4 años.

Huesos cuneiformes (Figs. 6-8)

Son tres piezas óseas en forma de cuña situadas en la unidad media del pie, por delante del hueso navicular y medialmente al cuboides. Se designan como **cuña medial** (*primera cuña*), **intermedia** (*segunda cuña*) y **lateral** (*tercera cuña*) y se articulan entre sí por sus caras laterales.

Todas ellas muestran una superficie articular posterior para el hueso navicular y una anterior articular para la base de los huesos metatarsianos; además, las superficies superior e inferior de cada cuña presenta rugosidades de inserción muscular o ligamentosa.

La **cuña medial** es la mayor de las tres. Por su cara anterior se articula con la base del primer metatarsiano y por su cara lateral, además de contactar con la cuña intermedia, se articula también con la base del segundo metatarsiano.

La **cuña intermedia** es la más pequeña. Por sus caras laterales se articula con la otras cuñas, pero debido a su pequeño tamaño en la parte anterior deja una hendidura donde se encaja la base del segundo metatarsiano.

La **cuña lateral** contacta por su cara distal con la base del tercer metatarsiano y por su cara medial con la cuña intermedia y con la base del segundo metatarsiano. Su cara lateral se articula con el cuboides.

Osificación

Cada cuña posee un único centro de osificación que aparece primero en la medial (al año de vida), luego en la lateral (a los 2 años) y, finalmente, en la intermedia (a los 3 años).

Unidad anterior del pie (Figs. 7-6 y 7-7)

La unidad anterior del pie está formada por los metatarsianos y las falanges de los dedos. Las falanges son mucho más pequeñas que las de la mano. El patrón morfológico general del pie es que el tamaño de los dedos disminuye a partir del 2.º, pero ocurren variaciones en el tamaño del primero y segundo dedo que dan lugar a tres tipos de pie con morbilidad diferente: *pie egipcio*, en el que el primer dedo es mayor que el segundo; *pie griego*, en el que el primer dedo es menor que el segundo; y *pie cuadrado*, en el que el primer dedo es igual que el segundo.

Metatarsianos (Figs. 7-6 a 7-9)

Son cinco huesos largos con dos extremidades y un cuerpo central. El primero, que es el más medial, es el más grueso y el más corto, mientras que el segundo es el más largo y más fino.

El cuerpo en todos los metatarsianos es prismático triangular, con una cara dorsal y dos laterales que delimitan el espacio interóseo.

La extremidad posterior, o **base**, tiene forma de cuña con la arista, que presenta rugosidades de inserciones ligamentosas, dispuesta en posición plantar. La cara dorsal carece de accidentes anatómicos que deban resaltarse. La cara posterior es plana y se articula con los huesos de la unidad media. Las cara laterales poseen superficies articulares planas que establecen uniones con la base del metatarsiano vecino. Además, la base del segundo metatarsia-

no, como característica singular, se engasta entre los huesos cuneiformes y presenta carillas articulares a ambos lados para el primero y el tercer cuneiforme, además de las carillas para la base de los metatarsianos vecinos. Por su parte, la base del quinto metatarsiano posee una prominente tuberosidad proyectada hacia atrás y hacia fuera, la **tuberosidad del quinto metatarsiano**, donde se inserta el tendón del peroneo corto.

La extremidad superior o **cabeza** de los metatarsianos es aplanada transversalmente y presenta una superficie articular convexa para la primera falange que se extiende más ampliamente hacia el plano plantar. El contorno de la superficie articular se delimita por un surco aparente, y, a los dos lados de la cabeza, se dispone un tubérculo de inserción de los ligamentos laterales de la articulación metatarsofalángica. La cabeza del primer metatarsiano es la mayor de todas y se extiende más en el plano plantar, donde se disponen dos huesos sesamoideos.

Osificación

Todos poseen un centro primario y un único centro secundario. El centro primario aparece en las diáfisis a comienzos del tercer mes de vida fetal. El centro secundario aparece durante segundo o tercer año de vida y su localización es diferente en el primer metatarsiano que en los demás. En el primer metatarsiano se localiza en la base, mientras que en los demás metatarsianos se localiza en la cabeza.

Falanges (Fig. 7-9)

Al igual que en la mano, las falanges son miniaturas de hueso largo que forman el esqueleto de cada dedo. Con la excepción del primer dedo, que sólo posee dos, los demás dedos constan de tres falanges, que se denominan **proximal** (*primera falange*), **intermedia** (*segunda falange*) y **distal** (*tercera falange*).

Las características generales de estos huesos coinciden con la descripción realizada a propósito de la extremidad superior.

Las características morfológicas de las falanges se han descrito con más detalle a propósito del esqueleto de la mano. El rasgo anatómico más importante es la presencia de superficies articulares en sus extremidades. En la extremidad proximal o **base**, las falanges proximales presentan una superficie cóncava para la cabeza de los metatarsianos. En las falanges intermedia y distal la superficie articular de la base posee dos vertientes separadas por una cresta obtusa que se acopla a la superficie articular de la cabeza de la falange con la que se une. En la extremidad distal o **cabeza**, las falanges proximal e intermedia presentan una superficie articular en forma de tróclea para la base de la falange vecina, y una superficie lateral rugosa para inserción de los ligamentos.

Osificación

Poseen un centro primario que osifica la diáfisis y la cabeza y un centro secundario para la base. Los centros primarios aparecen antes del nacimiento, primero en las falanges distales y en las proximales (ambas en las proximidades del 4.º mes) y finalmente en las intermedias (después del 6.º mes). Los centros secundarios aparecen después del nacimiento, a los dos o tres años, y la osificación completa ocurre entre los 15 y los 20 años.

Huesos sesamoideos (Fig. 7-7)

Al igual que en la mano, un número variable de huesos sesamoideos se disponen en asociación a las articulaciones de los metatarsianos y falanges. En la articulación metatarsofalángica del primer dedo es constante la presencia de dos pequeños huesos sesamoideos situados a ambos lados de la cara plantar de la articulación. Con menor frecuencia pueden aparecer huesos sesamoideos asociados a la articulación interfalángica del primer dedo y en las articulaciones metatarsofalángicas del segundo y quinto dedo.

Huesos supernumerarios del pie

Un número variable de huesos inconstantes pueden observarse ocasionalmente en exámenes radiográficos del pie que no deben confundirse con fracturas óseas. Una característica habitual de estos huesos es que suelen ser bilaterales y se desarrollan por centros de osificación que aparecen después de los 10 años. Dentro de estos huesos se incluyen el **hueso navicular supernumerario** (hueso tibial externo), el **hueso trígono** (astrágalo supernumerario) que corresponde al tubérculo posteroexterno del astrágalo independizado, el **hueso vesaliano** asociado a la base del 5.º metatarsiano, etc.

MÚSCULOS Y FASCIAS

La extremidad inferior dispone de potentes masas musculares que se sitúan en el contorno del esqueleto óseo revestidas de la **fascia profunda**. La fascia se une por arriba al contorno osteofibroso de la pelvis y forma una envoltura continua a la pierna. La zona de inserción superior comprende el ligamento inguinal, la cresta ilíaca, la cara posterior del sacro y el ligamento sacrotuberoso, el isquión, la rama isquiopúbica y el cuerpo del pubis. Además, a lo largo de la pierna, se adosa en diferentes zonas de las superficies óseas y emite tabiques que permiten agrupar a los vientres musculares en compartimentos. En los capítulos que siguen describiremos los músculos y las fascias de las diferentes regiones topográficas de la extremidad. En cada región, la descripción de los músculos se ordenará por compartimentos que, en su mayoría, se delimitan por los **tabiques intermusculares** que emite la fascia profunda hacia el eje óseo de la pierna.

Superficialmente a la fascia profunda se dispone la **fascia superficial**, que es una lámina conectiva con grasa dispuesta bajo la piel, que permite que esta pueda deslizarse

sobre los planos musculares. En la parte superior de la extremidad, la fascia superficial se continúa con las fascias superficiales de la pared abdominal, periné y región dorsal del tronco. En la zona del ligamento inguinal se une a la fascia profunda, con lo que se evita que acumulaciones de líquidos en la pared abdominal pasen hacia la extremidad inferior. En la región glútea, la fascia superficial es especialmente rica en grasa y contribuye a crear la forma de la nalga. A nivel de la tuberosidad isquiática presenta una serie de engrosamientos fibrosos intercalados con cúmulos de grasa que cumplen la función de distribuir la presión que recibe esta zona cuando el cuerpo está sentado. De forma similar, en las regiones de apoyo del pie, como los pulpejos de los dedos y el talón, se disponen considerables engrosamientos y cúmulos de grasa que actúan como amortiguadores de las cargas.

MÚSCULOS DE LA PELVIS MOVILIZADORES O ESTABILIZADORES DE LA CADERA

Los músculos de este grupo mueven el muslo, tomando como punto fijo la pelvis, o el tronco si toman como punto fijo su inserción femoral. Además, los músculos que poseen fibras paralelas al cuello femoral actúan como estabilizadores de la articulación.

La mayor parte de estos músculos se disponen en los planos posterior y lateral de la pelvis ocupando la región glútea. En el plano anterior se sitúa el músculo iliopsoas, cuyos vientres musculares se localizan en la pared abdominal posterior y la pelvis.

MÚSCULO ILIOPSOAS (Fig. 5-34)

El músculo iliopsoas comprende a su vez dos músculos, el psoas mayor y el ilíaco.

Músculo psoas mayor

Forma y situación. Es un largo y potente músculo fusiforme que se localiza en la cavidad abdominal a los lados de los cuerpos vertebrales y en la fosa ilíaca externa de la pelvis.

Inserciones y trayecto. Se origina de las vértebras lumbares, desde T12 a L5 por fascículos superficiales y profundos. Los fascículos superficiales arrancan de los márgenes laterales de los discos intervertebrales y de las zonas vecinas de los cuerpos vertebrales adyacentes. Las inserciones profundas arrancan del borde inferior de la última costilla y de la cara anterior de las apófisis costiformes lumbares. A partir de estas inserciones se forma un cuerpo muscular abultado que desciende hacia la pelvis a los lados de la columna vertebral. En la pelvis desciende por la fosa ilíaca interna siguiendo la trayectoria de la línea arqueada para alcanzar el borde anterior del ilíaco a nivel de la laguna muscular. Antes de alcanzar esta región se fusiona al músculo ilíaco y el vientre resultante (iliopsoas) forma un potente tendón que penetra en el muslo formando parte del suelo del triángulo femoral y, deslizándose por delante de la cápsula articular de la cadera, se inserta en el trocánter menor.

Una bolsa sinovial, que con frecuencia se continúa con la sinovial de la cadera, facilita el deslizamiento del tendón sobre la articulación.

Músculo ilíaco

Forma y situación. Es una gran masa muscular de forma triangular que se dispone principalmente en la pelvis tapizando la fosa ilíaca. El vértice del músculo converge hacia la laguna muscular en cuyas proximidad se fusiona al psoas mayor que se dispone en su margen medial.

Inserciones y trayecto. Se origina de la fosa ilíaca interna y el vientre muscular se suelda al del psoas mayor formando el músculo iliopsoas.

Relaciones. El músculo psoas mayor en su extremo superior está rodeado por una arcada fibrosa originada en las fibras lumbares del diafragma (ligamento arqueado medial o arco del psoas), y a lo largo de su recorrido a los lados de la columna lumbar mantiene importantes relaciones con estructuras abdominales, como el riñón, los vasos renales y el uréter. Además está atravesado por el plexo lumbar, cuyas ramas terminales emergen por los márgenes del psoas o atravesando su superficie.

El músculo ilíaco forma parte de las paredes de la pelvis mayor y mantiene relaciones importantes con el ciego y el apéndice cecal, de los que se separa por grasa y por peritoneo.

En su trayecto por la laguna muscular el iliopsoas se separa de las vasos femorales por la cintilla iliopectínea, y el tendón forma parte del suelo del triángulo femoral.

Fascia iliopsoica

El músculo está envuelto por una fascia laxa en la porción laterovertebral y gruesa en el muslo que posee considerable importancia médica. En procesos tuberculosos de la columna vertebral (*mal de Pott*) la fascia puede favorecer el deslizamiento de exudados infecciosos desde las vértebras lumbares hasta la parte alta del muslo.

Función. Tanto el psoas mayor como el ilíaco son potentes flexores y estabilizadores de la cadera. El psoas, además, tomando la inserción inferior como punto fijo puede realizar flexiones de la columna lumbar si se contrae bilateralmente o inclinaciones laterales si sólo se contrae de un lado.

Un tema debatido es la posible participación del psoas en las rotaciones de la cadera, pero no hay indicios electromiográficos claros de esta función.

El psoas, a causa de la gran longitud de sus fibras, puede efectuar amplios desplazamientos de los huesos. Esta propiedad está especialmente desarrollada en animales que caminan a saltos (liebre) debido a que el psoas mayor amplía sus inserciones hasta el tórax.

Inervación. El psoas mayor está inervado por ramas colaterales anteriores de los nervios L1, L2, L3 y, de forma variable, de L4. El ilíaco se inerva por ramas del nervio femoral, que le aportan fibras de L2 y L3.

Músculo psoas menor

Es un músculo inconstante que nace de los márgenes del cuerpo vertebral de T12 y L1 y del disco entre ambos, formando un fino vientre muscular que desciende superficial al del psoas mayor y termina por un delgado tendón en la eminencia iliopúbica.

MÚSCULOS DE LA REGIÓN GLÚTEA

Se denomina región glútea a la región topográfica que se dispone por detrás de la cadera y contiene los músculos que desde el coxal terminan en el fémur. Todos ellos están revestidos de la fascia profunda de la pierna, que en esta región recibe el nombre de **fascia glútea**. Por arriba, la fascia glútea se une a la cresta ilíaca y a la cara dorsal del sacro, y, por abajo, se continúa con la fascia del muslo. La fascia se encuentra desdoblada en una hoja superficial que reviste el glúteo mayor y una hoja profunda que separa el glúteo mayor de los demás músculos de la región.

En el plano superficial se sitúan el tensor de la fascia lata y el glúteo mayor. Bajo este último se dispone el glúteo mediano, que a su vez tapa parcialmente al glúteo menor. Ocupando el mismo plano que este último pero en una situación más caudal, se disponen de arriba abajo, el piramidal, el obturador interno con los gemelos y el cuadrado crural. En el plano más profundo se encuentra el músculo obturador externo.

Músculo tensor de la fascia lata (Fig. 7-15)

Forma y situación. Es un músculo aplanado que se extiende en un plano superficial desde el coxal hasta la rodilla. El vientre muscular es pequeño y rectangular, pero se continúa por una potente aponeurosis que se dispone a lo largo de la cara externa del muslo.

Inserciones y trayecto. Se origina en la espina ilíaca anterosuperior y en la zona vecina de la cresta ilíaca. Forma un vientre muscular que desciende oblicuo hacia abajo y atrás

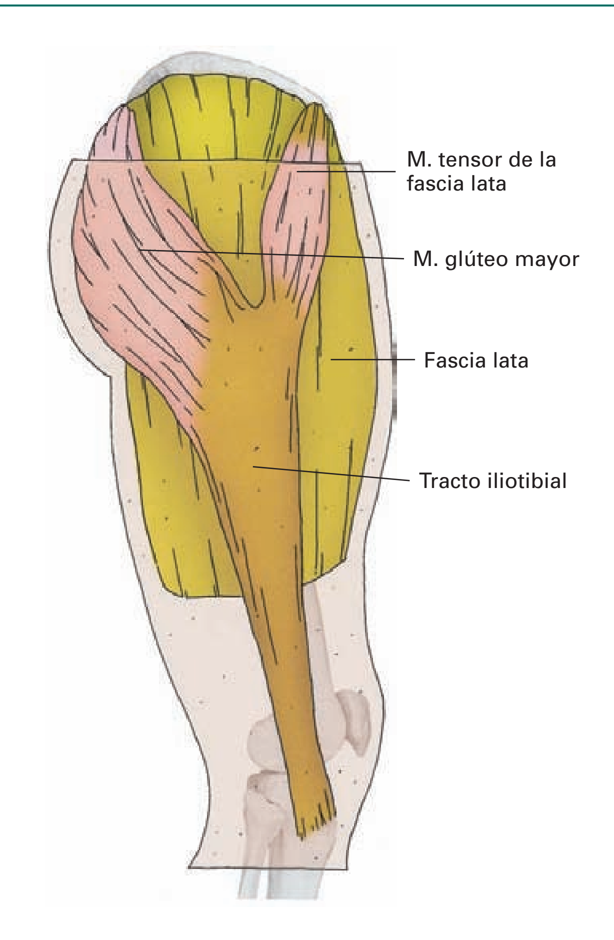


Figura 7-15. Visión lateral del muslo que representa los músculos tensor de la fascia lata y glúteo mayor.

para continuarse con una lámina tendinosa que se suelda a la fascia femoral (**fascia lata**) contribuyendo a formar un engrosamiento superficial denominado **tracto iliotibial**. Por medio de este engrosamiento fibroso se inserta en un relieve óseo situado en la cara externa de la extremidad superior de la tibia.

Función. Es flexor, separador y rotador medial del muslo. Interviene también como extensor en la dinámica de la rodilla a través de su inserción tibial.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio glúteo superior, que le aporta fibras de L4 y L5.

Músculo glúteo mayor (Fig. 7-15)

Forma y situación. Es el mayor y el más superficial de los músculos glúteos. Tiene el aspecto de una gran masa muscular cuadrilátera y, junto con el panículo adiposo subcutáneo, forma el relieve de la nalga.

Inserciones y trayecto. Tiene una amplia zona de inserción de origen que incluye la porción más posterior de la super-

ficie glútea del coxal, por detrás de la línea glútea posterior; el labio externo del segmento posterior de la cresta ilíaca; la cara posterior y borde lateral del sacro; el cóccix; y la cara dorsal del ligamento sacrotuberoso. Las fibras se agrupan en un vientre muscular constituido por gruesos fascículos de fibras separados por tabiques conectivos que se dirigen hacia abajo, hacia delante y hacia fuera, para continuarse con una potente aponeurosis. Las fibras más superficiales de la aponeurosis forman una lámina independiente que se suelda a la fascia del muslo y junto con el tensor de la fascia lata forman el **tracto iliotibial** (véase Fascia profunda del muslo). Las fibras profundas se insertan en la parte superior de la diáfisis femoral en la tuberosidad glútea.

Función. En los primates inferiores, (posiblemente también en algunos homínidos fósiles), el glúteo mayor es un potente aproximador de la cadera. Sin embargo, al ensancharse la pelvis en el curso de la evolución, el músculo ha adquirido una poderosa acción extensora que permitió la adquisición de la posición erecta. Además, interviene en la rotación lateral de la cadera, y puede participar en la separación y en la aproximación de la cadera por medio de sus fibras superiores e inferiores respectivamente.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio glúteo inferior, que le aportan fibras de L5, S1 y S2.

Músculo glúteo mediano (Fig. 7-16)

Forma y situación. Es un músculo voluminoso de forma triangular que se dispone en la región glútea profundo respecto al glúteo mayor.

Inserciones y trayecto. Se inserta en la superficie glútea del coxal en el espacio comprendido entre las líneas glúteas anterior y posterior. Las fibras convergen hacia la extremidad superior del fémur y terminan por un tendón aplanado en la cara externa del trocánter mayor.

Función. Tomando como punto fijo la inserción en el coxal, actúa como separador de la cadera. Además, sus fibras anteriores son rotadoras internas de la cadera.

Durante la marcha toma como punto fijo la inserción femoral y hace junto con el glúteo menor inclinaciones homolaterales de la pelvis (véase Dinámica funcional de la cadera).

Inervación. Se inerva por ramas del nervio glúteo superior, que le aportan fibras de L4, L5 y S1.

Músculo glúteo menor (Fig. 7-17)

Forma y situación. Es un músculo triangular localizado profundamente en la parte anterior de la región glútea.

Inserciones y trayecto. Se origina en la superficie glútea del coxal por delante de la línea glútea anterior. Las fibras convergen en dirección a la extremidad superior del fémur para formar un tendón que se inserta en la superficie anterior del trocánter mayor.

Función. Es rotador interno y separador de la cadera. Además, cuando toma como punto fijo su inserción femoral, hace inclinaciones de la pelvis que son fundamentales para desarrollar el movimiento de la extremidad oscilante durante la marcha (véase Dinámica funcional de la cadera).

Inervación. Se inerva por ramas del nervio glúteo superior, que le aportan fibras de L4, L5 y S1.



Figura 7-16. Músculo glúteo medio, visión posterior.

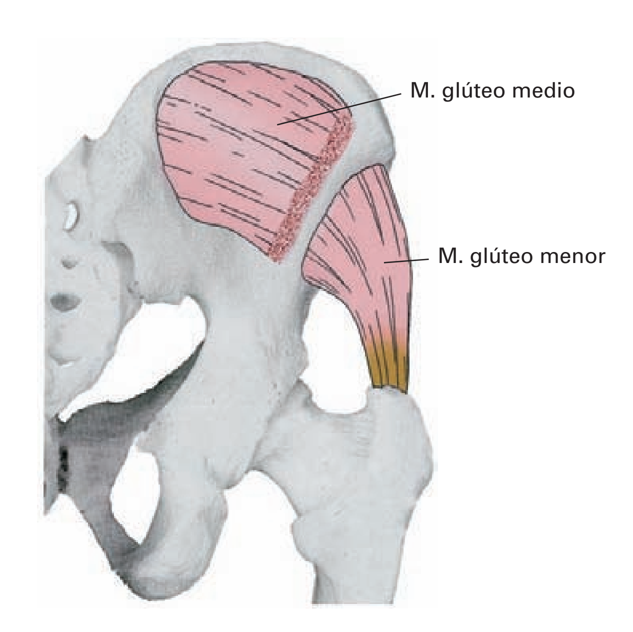


Figura 7-17. Músculo glúteo menor, visión posterior tras seccionar el músculo glúteo medio.

Músculo piramidal (Figs. 7-18 a 7-20)

Forma y situación. Es un músculo aplanado de forma triangular. Su origen se encuentra en el interior de la pelvis y tras salir de esta estructura discurre por la cara dorsal de la articulación de la cadera, en el mismo plano que el glúteo mediano.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara anterior del sacro, entre los agujeros sacros correspondientes a las vértebras S2, S3 y S4. El vientre muscular se dirige hacia fuera y alcanza la región glútea atravesando el agujero isquiático mayor. En el exterior de la pelvis el músculo recorre el plano posterior a la articulación de la cadera y se continúa con un tendón que se inserta en el borde superior del trocánter mayor.

Función. Es un importante estabilizador de la articulación de la cadera e interviene en la rotación lateral y la separación del muslo.

Inervación. Se inerva por ramas anteriores del plexo sacro, que le aportan fibras principalmente de S1 y en menor medida de L5 y S2.

Músculo obturador interno (Figs. 7-20 y 7-21)

Forma y situación. Es un músculo alargado y triangular. Como el piramidal, su origen está dentro de la pelvis y tras salir de ella recorre la cara posterior de la articulación de la cadera caudalmente al piramidal. En la pelvis está tapizado por una potente aponeurosis en la que se origina el músculo elevador del ano.

Inserciones y trayecto. Se origina en el interior de la pelvis en la cara interna de la membrana obturatriz y en el contorno óseo del agujero obturador, dejando libre de inserciones el canal obturador. Las fibras musculares salen de la pelvis por el agujero isquiático menor y cambian bruscamente de dirección para situarse sobre la cara posterior de la articulación de la cadera y terminar en la cara interna del trocánter mayor por encima de la fosa trocantérica.

Una bolsa serosa (**bolsa subtendinosa del obturador interno**) facilita el deslizamiento del músculo sobre el contorno del agujero isquiático.

Función. En posición anatómica es un potente rotador lateral del muslo. Cuando el sujeto está sentado, puede actuar como separador del muslo.

Inervación. Recibe el nervio obturador interno del plexo sacro, que le aporta fibras de L5, S1 y S2.

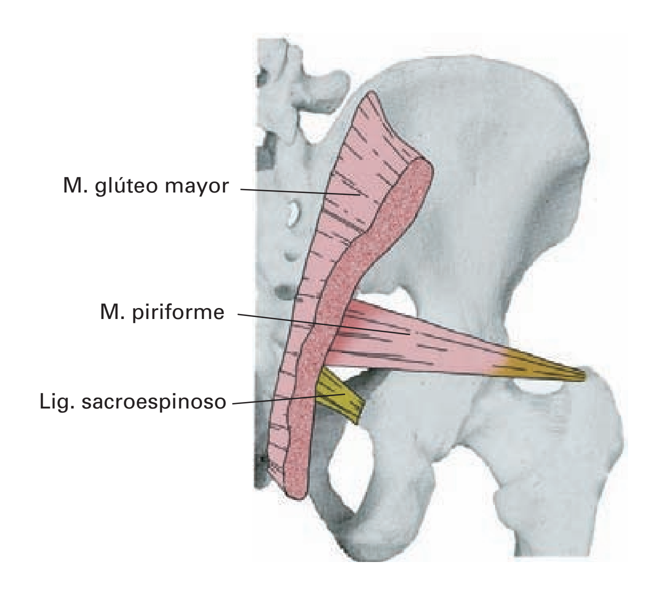


Figura 7-19. Músculo piramidal, visión posterior.

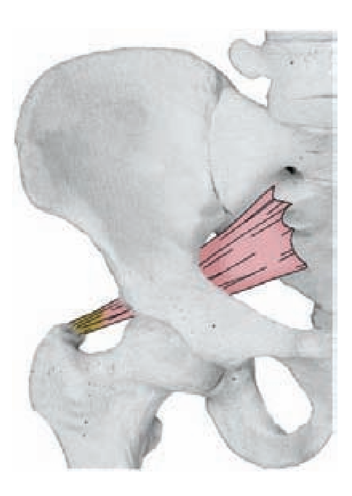


Figura 7-18. Músculo piramidal, visión anterior.

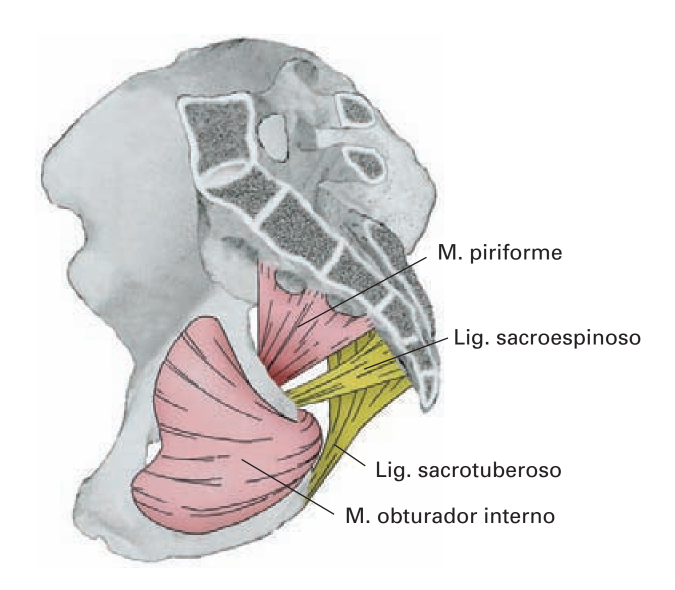


Figura 7-20. Músculo obturador interno, visión endopélvica.

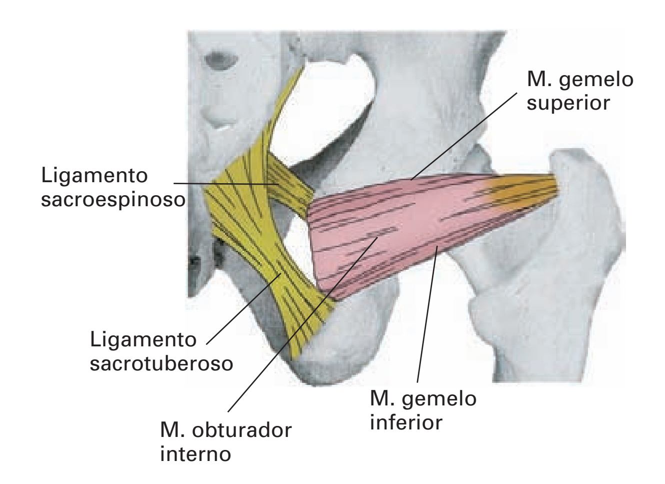


Figura 7-21. Músculo obturador interno, visión exopélvica.

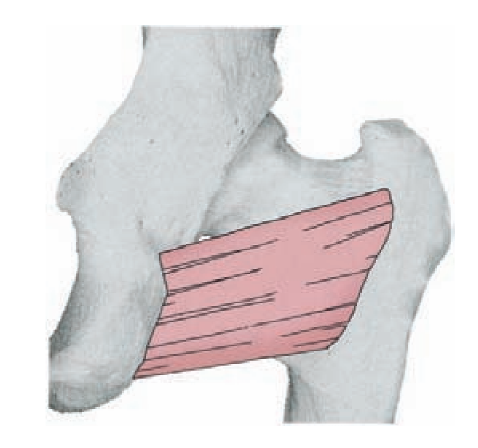


Figura 7-22. Músculo cuadrado femoral, visión posterior.

Músculos gemelos (Fig. 7-21)

Forma y situación. Son dos pequeños músculos fusiformes, **gemelo superior** y **gemelo inferior**, asociados a los márgenes superior e inferior de la parte extrapélvica del obturador interno.

Inserciones y trayecto. El gemelo superior se origina en la espina isquiática y el inferior en la tuberosidad isquiática. Terminan junto con el obturador interno en la cara medial del trocánter mayor.

Función. Ayudan al obturador interno en sus funciones.

Inervación. El superior recibe una rama desde el nervio del obturador interno con fibras de L5, S1 y S2. El inferior recibe una rama colateral del nervio del cuadrado femoral, que le aporta fibras de L4, L5 y S1.

Músculo cuadrado femoral (Fig. 7-22)

Forma y situación. Es una lámina muscular cuadrilátera que se dispone en la región glútea caudalmente al obturador interno.

Inserciones y trayecto. Se origina en la tuberosidad isquiática y se dirige hacia fuera para terminar en la cresta intertrocantérea del fémur, donde determina la formación del tubérculo cuadrado.

Función. En posición anatómica es un potente rotador lateral del muslo. Cuando el sujeto está sentado puede actuar como separador del muslo.

Inervación. Se inerva por el nervio del cuadrado femoral, que procede del plexo sacro y le aporta fibras de L4, L5 y S1.

Músculo obturador externo (Figs. 7-23 y 7-24)

Forma y situación. Es un músculo aplanado de forma triangular que cruza la cara posterior de la articulación de la cadera profundamente al cuadrado femoral.

Inserciones y trayecto. Se origina en la cara externa de la pelvis del contorno de la membrana obturatriz y de los márgenes óseos del agujero obturador, exceptuando en ambos casos la zona del canal obturador. Las fibras musculares convergen hacia un tendón que, pasando por debajo de la fosa acetabular, se dispone por detrás de la articulación de la cadera y termina en la fosa trocantérica del trocánter mayor.

Función. Como otros músculos de esta región, el obturador externo en posición anatómica es rotador lateral del muslo. Cuando el sujeto está sentado, puede actuar como separador del muslo.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio obturador, que le aportan fibras de L3 y L4.

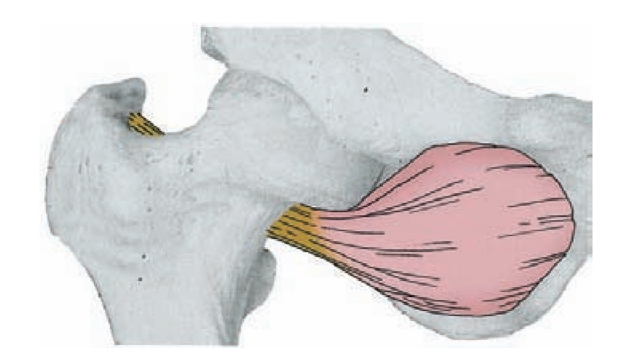


Figura 7-23. Músculo obturador externo, visión anterior.

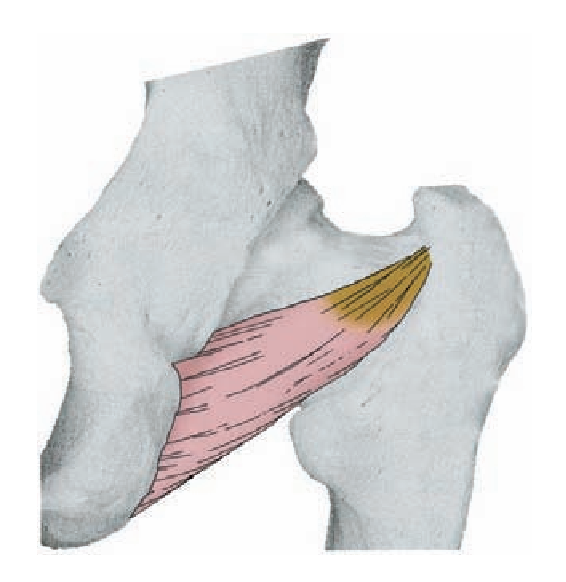


Figura 7-24. Músculo obturador externo, visión posterior.

MÚSCULOS Y FASCIAS DEL MUSLO

En el muslo se localizan potentes vientres musculares que mueven las articulaciones de la cadera y de la rodilla. La morfología de los vientres es muy variable e incluyen músculos acintados, músculos aplanados y músculos fusiformes. Los músculos están rodeados por la fascia profunda del muslo, denominada **fascia lata**, la cual forma un cilindro que envuelve al muslo y termina a nivel de la rodilla uniéndose a la rótula y a la extremidad superior de la tibia.

En la cara interna del muslo la fascia lata es fina y delicada, pero en la cara lateral presenta un franja gruesa y potente que se extiende desde la cresta ilíaca hasta el cóndilo lateral de la tibia y que recibe el nombre de **tracto iliotibial**. El engrosamiento se debe a que la fascia lata recibe la inserción de aponeurosis procedentes de los músculos glúteo mayor y tensor de la fascia lata.

En la porción anterior del muslo, por debajo del ligamento inguinal, la fascia es fina y presenta múltiples perforaciones (**fascia cribiforme**) por donde atraviesan vasos sanguíneos y linfáticos. Entre los orificios destaca el **hiato safeno**, por donde pasa la vena safena mayor en busca de la vena femoral.

Desde la cara profunda de la fascia lata parten tabiques intermusculares que se insertan en la línea áspera y en las crestas supracondíleas del cuerpo del fémur. En el lado externo está el **tabique intermuscular lateral**, que se interpone entre el vasto externo y los músculos posteriores (bíceps femoral). En la parte interna se dispone el **tabique intermuscular medial** entre los músculos aproximadores y los músculos posteriores (semitendinoso y semimembranoso). Estos tabiques son más marcados en la parte inferior del muslo y contribuyen a delimitar tres grandes **compartimentos** en el muslo, el **anterior**, por delante de los tabiques intermusculares, el **posterior**, por detrás de los tabiques y el **medial**, que carece de una clara separación aponeurótica.

Hacia el plano profundo la fascia lata también emite expansiones que envuelven a los músculos del muslo. Es importante resaltar que en los márgenes de algunos de los músculos, los tabiques aponeuróticos al saltar de un músculo al vecino, delimitan túneles fibrosos por donde discurren los vasos femorales.

COMPARTIMENTO FEMORAL ANTERIOR

Músculo sartorio[7] (Figs. 7-25 y 7-26)

Forma y situación. Es un músculo acintado y muy largo, situado en el plano superficial del compartimento anterior, donde sigue un trayecto, ligeramente espiral, oblicuo

[7] Sartorio de latín *sartor* = sastre. Por la postura de la pierna que los sastres adoptaban para coser.

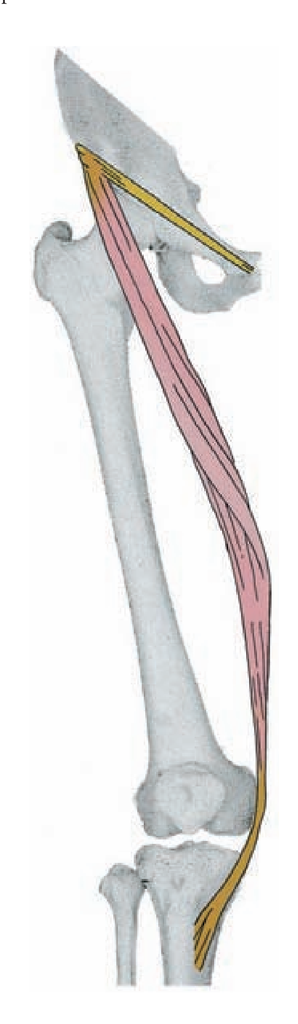


Figura 7-25. Músculo sartorio.

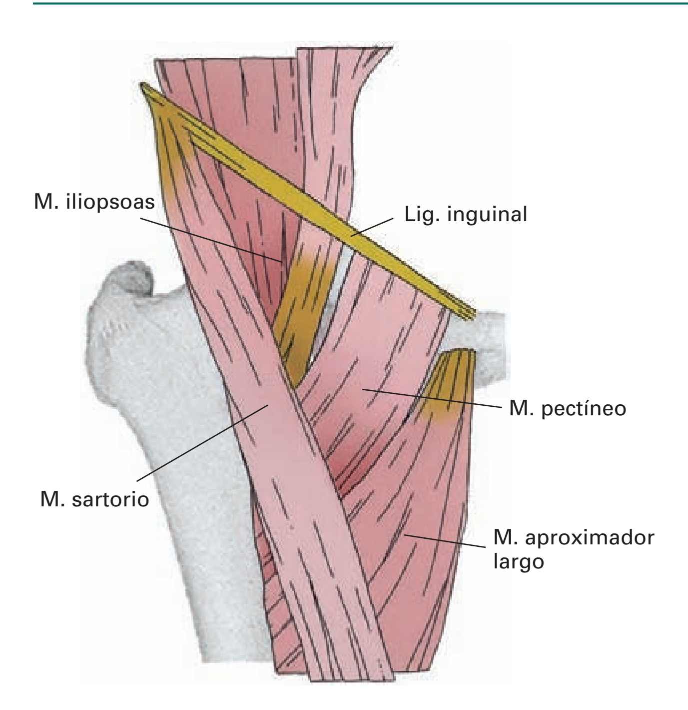


Figura 7-26. Músculos del triángulo inguinal.

hacia abajo y hacia dentro. Está incluido dentro de una vaina aponeurótica que le permite mantener su formar curvada al contraerse.

Inserciones y trayecto. Se origina en la espina ilíaca anterosuperior. Desciende oblicuamente hasta la vertiente medial de la rodilla y tras contornear por detrás el relieve del cóndilo interno se transforma en una cinta tendinosa que se inserta en la cara medial de la parte superior de la cara interna del cuerpo de la tibia. Su inserción es ventral a las de los músculos semitendinoso y grácil, de los que se separa por un pequeña bolsa serosa.

Relaciones. A lo largo del muslo, el sartorio es una referencia anatómica asociada al trayecto de los vasos femorales. En la parte alta del muslo constituye el límite externo del triángulo femoral, mientras que en la parte media forma parte de las paredes del conducto de los aproximadores.

Función. Realiza la mayor parte de los movimientos necesarios para sentarse con una pierna cruzada (posición de los sastres al coser). En la cadera es principalmente un flexor, pero también puede contribuir algo a la separación y rotación lateral del muslo. En la rodilla es flexor y rotador medial.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio femoral (plexo lumbar), que le aportan fibras de L2 y L3.

> El sartorio suele emplearse en cirugía vascular para envolver y proteger prótesis de los vasos femorales.

Músculo cuádriceps femoral
(Figs. 7-27 a 7-29)

Es un potente complejo muscular formado por cuatro cabezas, los músculos **vastos lateral, medial** e **intermedio** y el **recto femoral**, que se disponen alrededor de la diáfisis femoral.

Músculo vasto intermedio (Fig. 7-27)

Forma y situación. Es un voluminoso vientre muscular situado alrededor del cuerpo del fémur.

Inserción superior y trayecto. Se origina por fibras carnosas de los dos tercios superiores de las caras lateral y anterior de la diáfisis femoral. Las fibras forman un vientre muscular que tapiza la diáfisis del fémur dirigiéndose hacia la rótula.

Músculo vasto lateral (Fig. 7-28)

Forma y situación. Ocupa una posición lateral al vasto intermedio al que cubre parcialmente.

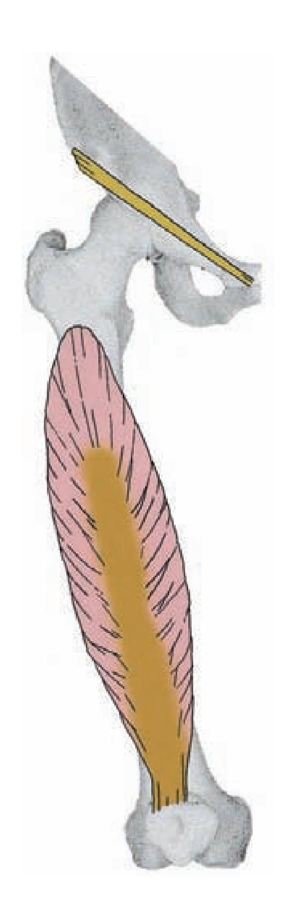


Figura 7-27. Músculo vasto intermedio del cuádriceps femoral.

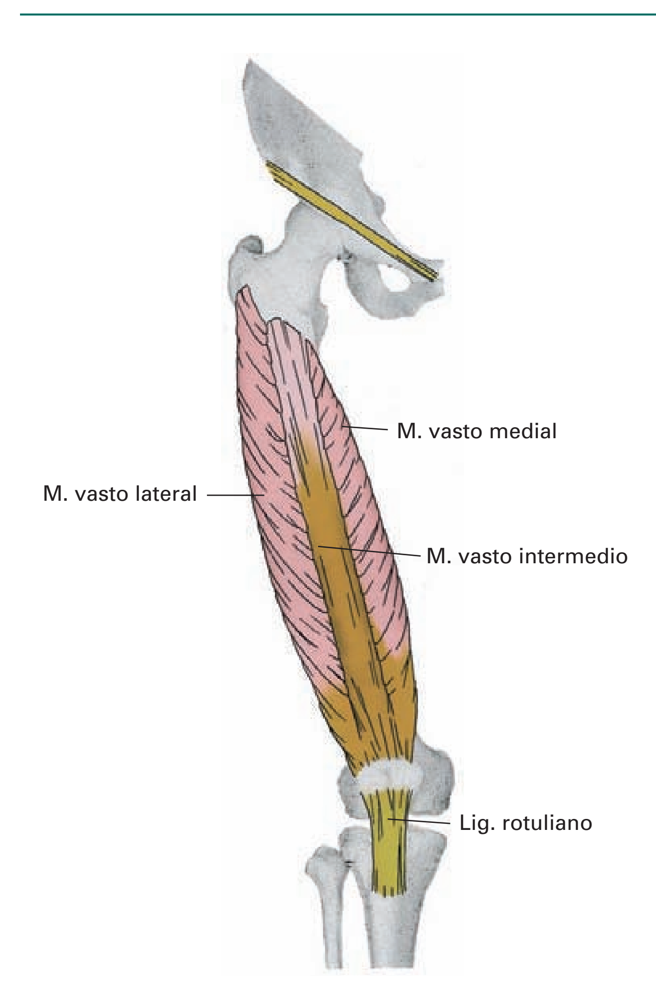


Figura 7-28. Músculos vastos lateral y medial del cuádriceps femoral.

Inserción superior y trayecto. Se origina por una lámina tendinosa en la mitad superior del labio externo de la línea áspera del fémur, ampliando hacia arriba esta inserción a lo largo del margen lateral de la tuberosidad glútea hasta alcanzar las proximidades del trocánter mayor. El vientre muscular desciende hacia la rótula cubriendo en gran medida al vasto intermedio.

Músculo vasto medial (Fig. 7-28)

Forma y situación. Es medial al vasto intermedio, al que suele estar parcialmente fusionado.

Inserción superior y trayecto. Se inserta a lo largo del labio interno de la línea áspera del fémur y se extiende por debajo por la línea supracondílea medial y por arriba hasta el extremo medial de la línea intertrocantérea. El vientre muscular desciende hacia la rótula aplicado a la cara interna del fémur y posee fibras verticales que proceden de la parte superior de la inserción y fibras casi horizontales que parten de la zona más baja de inserción.

Músculo articular de la rodilla

Algunas fibras profundas del vasto intermedio reciben el nombre de músculo articular de la rodilla porque se insertan en la sinovial de la rodilla y la tensan durante los movimientos de extensión (véase también Articulación de la rodilla).

Músculo recto femoral (Fig. 7-29)

Forma y situación. Es la más superficial de las cabezas del cuádriceps. Forma un vientre acintado que discurre superficialmente al vasto intermedio, interpuesto entre los músculos vastos.

Inserción superior y trayecto. Se origina por cabezas, la **directa** que se inserta en la espina ilíaca anteroinferior, y la **refleja**, que se une al surco supraacetabular del coxal (*canal supracotiloideo).* El vientre muscular resultante desciende verticalmente por el muslo para confluir en una potente lámina tendinosa antes de alcanzar la rótula.

Inserción inferior del cuádriceps. Las cuatro cabezas del cuádriceps se condensan en láminas tendinosas que



Figura 7-29. Músculo recto femoral del cuádriceps.

confluyen en la proximidad de la rótula formando el **tendón del cuádriceps**, en cuyo espesor se localiza la rótula. Desde el contorno inferior de la rótula las fibras tendinosas alcanzan diferentes puntos de inserción. El mayor componente de fibras emerge por el vértice inferior de la rótula y forma una potente cinta tendinosa denominada **ligamento rotuliano** que se inserta en la tuberosidad de la tibia. Del sector inferior de los bordes laterales de la rótula emergen láminas fibrosas, las cuales contribuyen a reforzar la articulación de la rodilla (véase Articulación de la rodilla).

Un aspecto de interés es que los componentes tendinosos fibrilares de cada vientre del cuádriceps ocupan planos diferentes y pueden ser identificados en la región rotuliana. Las fibras del recto femoral, son las más superficiales y algunas de ellas saltan hasta el ligamento rotuliano sin insertarse en la rótula. Las fibras de los vastos medial y lateral ocupan un plano más profundo y, como se ha descrito antes, parte de sus componentes emergen por los bordes laterales de la rótula para reforzar la articulación de la rodilla. Las fibras más profundas son las del vasto intermedio, que se agotan en el borde superior de la rótula. Por encima de la rótula puede aparecer una bolsa sinovial interpuesta entre los planos tendinosos superficial y profundo del tendón del cuádriceps (**bolsa subtendinosa prerrotuliana**).

Función. Es un potente extensor de la rodilla; además, el recto femoral es también flexor de la cadera.

Inervación. Las cuatro cabezas del cuádriceps y el músculo articular de la rodilla se inervan por ramas del nervio femoral (plexo lumbar) que aportan fibras procedentes de L2, L3 y L4.

Tendinitis del cuádriceps

Los procesos inflamatorios del tendón del cuádriceps son frecuentes cuando se practican algunos deportes (halterofilia, fútbol, ciclismo) sin realizar ejercicios adecuados de calentamiento. Una tendinitis sin el adecuado tratamiento puede ser causa de la rotura del tendón.

COMPARTIMENTO FEMORAL POSTERIOR

Músculo semitendinoso (Fig. 7-30)

Forma y situación. Es un músculo alargado y fusiforme que se localiza en el margen medial del compartimento posterior, superficialmente respecto al semimembranoso. Presenta una fina interrupción fibrosa en el tercio superior del vientre muscular y su tendón inferior es de gran longitud, lo que justifica el nombre que se le asigna.

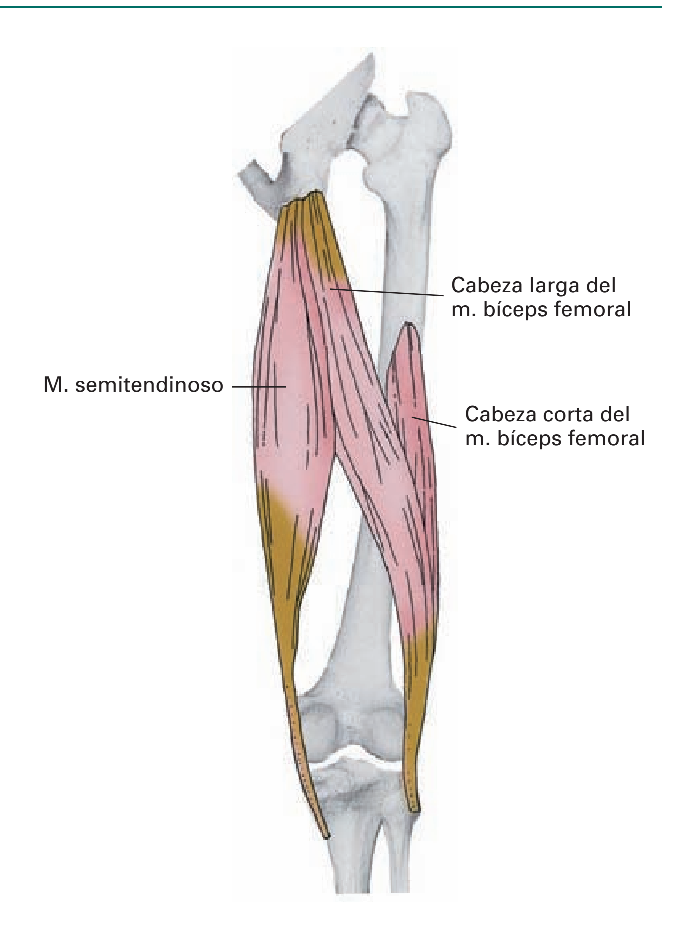


Figura 7-30. Músculos bíceps femoral y semitendinoso, visión posterior del muslo.

Inserciones y trayecto. Se origina junto a la cabeza larga del bíceps en la tuberosidad isquiática del coxal. El vientre muscular, a nivel del tercio inferior del muslo, se continúa con un tendón cilíndrico que camina por detrás del cóndilo interno del fémur y se insertar en la parte alta de la cara interna del cuerpo de la tibia, por detrás del sartorio.

En su trayecto el tendón presenta una bolsa sinovial que lo separa del ligamento colateral interno de la rodilla y otra bolsa a nivel de la inserción, que lo separa del sartorio y semimembranoso.

Función. Es un potente extensor de la cadera. Además, es flexor y rotador interno de la rodilla.

Inervación. Recibe ramas de la porción tibial del nervio ciático, que le aportan fibras L5, S1 y S2.

Músculo semimembranoso (Fig. 7-31)

Forma y situación. Es un músculo voluminoso situado profundamente al semitendinoso. En su segmento superior está representado por una potente lámina tendinosa, lo que explica su nombre.

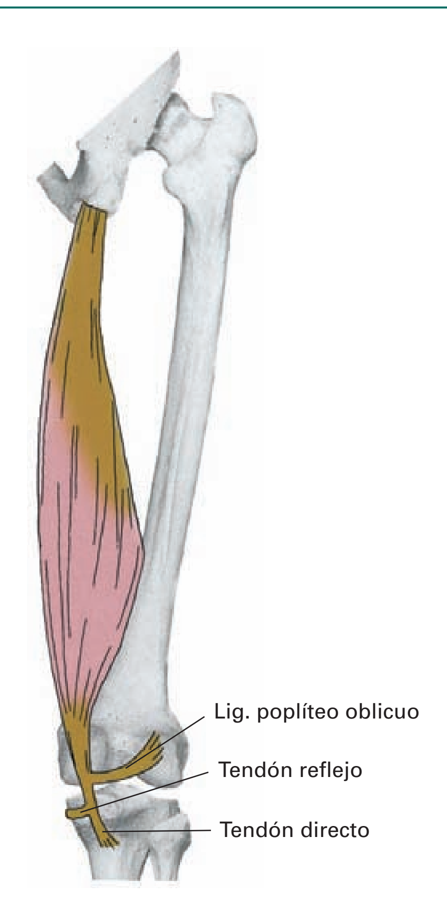


Figura 7-31. Músculo semimembranoso, visión posterior del muslo.

Inserciones y trayecto. Se origina de la tuberosidad isquiática formando una lámina tendinosa que, a nivel del tercio medio del muslo, se continúa con el vientre muscular. A la altura de la rodilla, el músculo camina dorsal al cóndilo interno del fémur y forma un potente tendón que se divide en tres partes (el conjunto de esta tres terminaciones tendinosas se denomina *pata de ganso profunda*). Una se inserta en la parte posterior de la cara medial del cóndilo interno de la tibia (*tendón directo*), otra se extiende hacia la parte anterior de dicho cóndilo (*tendón reflejo*) y la tercera forma el **ligamento poplíteo oblicuo** de la rodilla (*tendón recurrente*) que asciende por el dorso de la articulación fusionándose a la cápsula fibrosa y a la base de implantación del menisco interno.

El extremo inferior del semimembranoso posee una bolsa sinovial que le separa del gastrocnemio interno y otra que se asocia a la zona de inserción en la tibia.

Función. Desempeña las mismas funciones que el semimembranoso.

Inervación. Se inerva por ramas de la porción tibial del nervio ciático, que le aportan fibras procedentes de L5, S1 y S2.

Músculo bíceps femoral (Fig. 7-30)

Forma y situación. Consta de dos cabezas, una larga y otra corta, que se disponen en el margen externo del compartimento posterior.

Inserciones y trayecto. La **cabeza larga** arranca de la tuberosidad isquiática junto con el semitendinoso y desciende oblicuamente para buscar el margen lateral del dorso del muslo. La **cabeza corta** se origina del labio externo de la línea áspera y de la línea supracondílea lateral del fémur y sus fibras descienden para unirse en un tendón común con la cabeza larga a nivel del tercio inferior del muslo. El vientre de unión se continúa con un potente tendón que pasa dorsalmente al cóndilo externo del fémur para insertarse en el vértice de la cabeza del peroné y en la zona vecina del cóndilo lateral de la tibia.

Función. Es extensor de la cadera y flexor y rotador externo de la rodilla.

Inervación. La cabeza larga se inerva por ramas de la porción tibial del nervio ciático y la corta por ramas de la porción peroneal común del nervio ciático. Ambas cabezas reciben fibras de L5, S1 y S2.

COMPARTIMENTO FEMORAL MEDIAL

Músculo aproximador mayor
(Figs. 7-32 y 7-33)

Forma y situación. Es el más profundo y mayor de los músculos aproximadores (*tercer aproximador*). Es una gran masa muscular triangular, con el vértice situado en el contorno del agujero obturador del coxal y la base orientada hacia el cuerpo femoral.

Inserciones y trayecto. Se origina en el coxal, a lo largo de la rama inferior del pubis y de la rama isquiática hasta alcanzar la tuberosidad isquiática. Sus fibras musculares divergen hacia afuera y abajo en busca del fémur. En el músculo se puede distinguir una porción lateral y otra medial con morfología, inervación y funciones diferenciadas.

La porción lateral es un vientre aplanado que termina a todo lo largo de la diáfisis femoral. En la zona central del hueso se inserta en el intersticio de la línea áspera. Superiormente amplía su inserción hasta las proximidades del trocánter mayor y por debajo alcanza la línea supracondílea medial. En las proximidades de su inserción femoral aparecen perforaciones de contorno fibroso por donde atraviesan ramas perforantes de la arteria femoral profunda.

La porción medial (*fascículo condíleo*) corresponde a las fibras originadas en la tuberosidad isquiática y es abultada

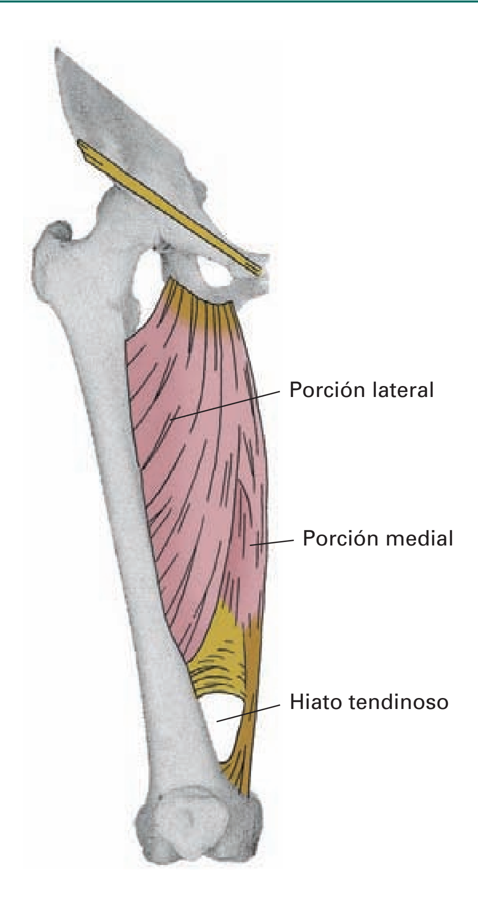


Figura 7-32. Músculo aproximador mayor, visión anterior del muslo.

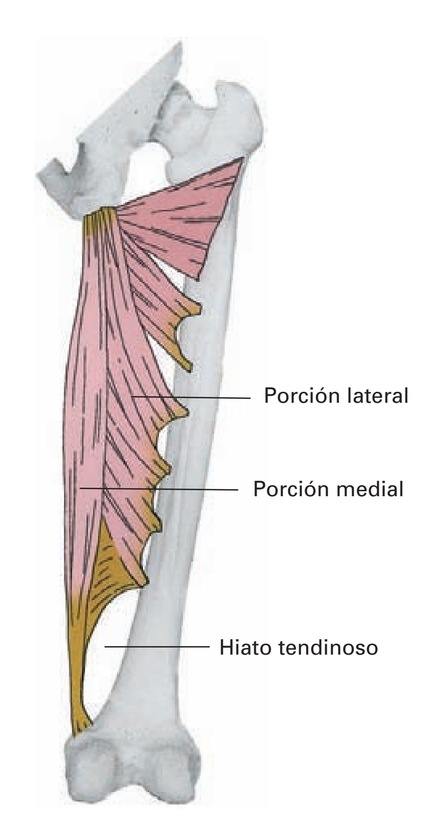


Figura 7-33. Músculo aproximador mayor, visión posterior del muslo.

y cilíndrica. A nivel del tercio inferior del muslo se independiza de la porción lateral y se continúa por un potente tendón que se inserta en el cóndilo interno del fémur en el tubérculo del aproximador. Entre las dos porciones se delimita el **hiato tendinoso** (*anillo del aproximador mayor*), que es un amplio orificio por donde atraviesan los vasos femorales.

Relaciones. Entre la porción lateral del músculo y el vasto medial se labra, en conjunción con la fascia que los envuelve, el **conducto de los aproximadores** (*conducto de Hunter*), por donde caminan los vasos femorales.

Función. Actuando en conjunto es un potente aproximador del muslo. La porción medial del músculo ejerce una acción rotadora medial sobre el muslo cuando se parte de una posición de rotación externa.

Inervación. La porción lateral se inerva por la rama posterior del nervio obturador (plexo lumbar), que le aporta fibras de L2 y L3. El fascículo medial se inerva por ramas de la porción tibial del nervio ciático, que le aportan fibras de L4.

Músculo aproximador corto (Fig. 7-34)

Forma y situación. Es el más pequeño de los aproximadores (*aproximador menor*) y como ellos tiene una forma triangular con la base dirigida hacia el fémur. Se dispone profundo respecto al aproximador largo y al pectíneo, y superficial respecto al aproximador mayor.

Inserciones y trayecto. Se origina de la parte de la rama inferior y del cuerpo del pubis. Sus fibras se dirigen hacia abajo y afuera y terminan en el intersticio de la mitad superior de la línea áspera del fémur.

Función. Es aproximador del muslo.

Inervación. Se inerva por la rama posterior del nervio obturador (plexo lumbar), que le aporta fibras procedentes de L2, L3 y L4.

Músculo aproximador largo (Figs. 7-26 y 7-35)

Forma y situación. Como los otros aproximadores posee una forma triangular con la base orientada hacia el fémur. Su tamaño es intermedio entre el menor y el mayor (*apro-*

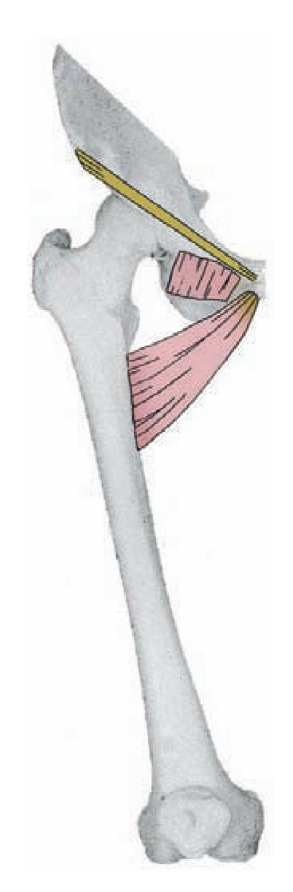


Figura 7-34. Músculo aproximador corto, visión anterior. El músculo pectíneo ha sido seccionado.

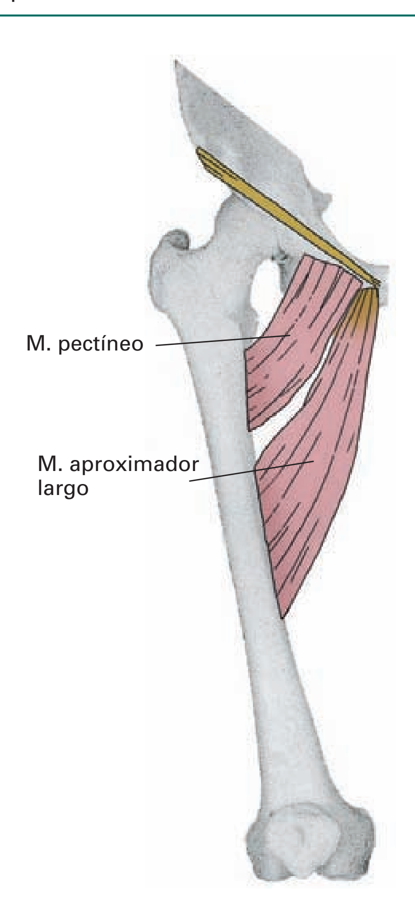


Figura 7-35. Músculos pectíneo y aproximador largo, visión anterior del muslo.

ximador mediano) y ocupa el mismo plano que el músculo pectíneo, cubriendo por delante a los aproximadores mayor y corto.

Inserciones y trayecto. Se origina en el cuerpo del pubis y sus fibras se dirigen abajo y afuera para terminar en la zona media del intersticio de la línea áspera. El vientre muscular delimita con el sartorio el triángulo femoral donde se disponen los vasos femorales.

Función. Es principalmente un aproximador del muslo.

Inervación. Se inerva por la rama anterior del nervio obturador, que le aporta fibras de L2, L3 y L4.

Músculo pectíneo (Fig. 7-25)

Forma y situación. Es un músculo aplanado, de forma rectangular, que ocupa el mismo plano que el aproximador largo. Forma junto al iliopsoas el suelo del triángulo femoral.

Inserciones y trayecto. Arranca de la rama superior del pubis. El vientre muscular se dirige hacia la parte superior de la diáfisis femoral y se inserta en la línea pectinea, que es la cresta media de trifurcación de la línea áspera.

La zona de inserción del pectíneo en la rama superior del pubis contribuye junto al periostio de la región a formar el **ligamento pectíneo** (*ligamento de Cooper*), que es un refuerzo de interés quirúrgico de la región inguinal.

Función. Es flexor y aproximador del muslo.

Inervación. Se inerva por el nervio femoral y de forma inconstante también por el obturador, que le aportan fibras de L2 y L3.

Músculo grácil (Recto interno; Fig. 7-36)

Forma y situación. Es un vientre muscular largo, fino y acintado que discurre por el margen medial del muslo.

Inserciones y trayecto. Se origina en el cuerpo y en la rama inferior del pubis, medialmente respecto a la inserción de los aproximadores. El vientre muscular desciende verticalmente a lo largo del margen medial de los aproximadores y se continúa con un tendón que contornea dorsalmente al cóndilo interno del fémur para insertarse en la parte

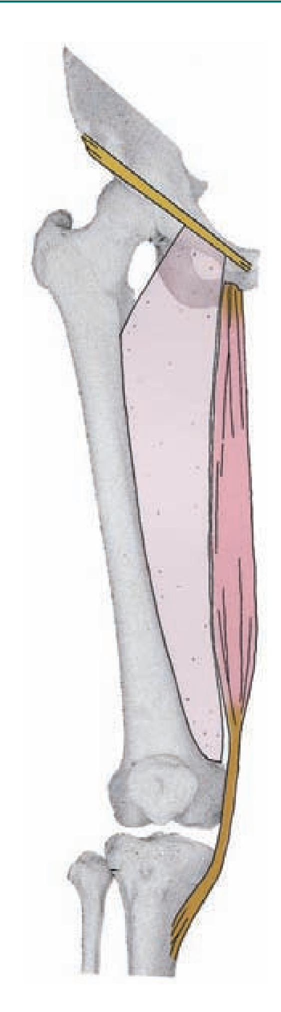


Figura 7-36. Músculo grácil, visión anterior. El triángulo rosáceo corresponde al espacio ocupado por los músculos aproximadores.

superior de la cara interna del cuerpo de la tibia, por detrás del sartorio y por encima del semitendinoso. A nivel de esta inserción se encuentra asociada una bolsa sinovial (*bolsa anserina*).

Función. Es un débil aproximador del muslo y un importante flexor y rotador interno de la rodilla.

Inervación. Se inerva por la rama anterior del músculo obturador, que le aporta fibras de L2 y L3.

Graciloplastia estimulada

El músculo grácil se emplea como injerto para la reconstrucción del esfínter anal. La intervención consiste en liberar el músculo de sus inserciones distales y llevarlo bajo la piel hasta el canal anal. El músculo luego se enrolla alrededor del ano y su extremo se reinserta en el isquión o en el pubis. En la intervención hay que conservar el pedículo vasculonervioso del músculo y además se coloca un estimulador, similar a los marcapasos cardíacos, que le permite mantener el tono necesario para cerrar el orificio anal.

MÚSCULOS Y FASCIAS DE LA PIERNA

Los músculos de la pierna son, en general, músculos alargados y delgados con un largo tendón que se dirige al pie cruzando la articulación del tobillo. No obstante, existen excepciones, como el tríceps y el poplíteo, que escapan a esta descripción general.

Todos los músculos están envueltos por la **fascia profunda de la pierna**, que se extiende desde el borde anterior hasta al borde medial de la tibia. Además, las fibras de la fascia aportan superficie de inserción para las fibras de los músculos más superficiales. En la cara interna de la pierna la fascia se suelda al periostio de la tibia.

De la cara profunda de la fascia parten los **tabiques intermusculares anterior y posterior** hacia el peroné creando tres **compartimentos** musculares. El anterior se dispone entre el tabique intermuscular anterior y el borde anterior de la tibia. El externo está adosado al peroné y se delimita entre los dos tabiques intermusculares. El posterior se sitúa entre el tabique intermuscular posterior y el borde medial de la tibia. En el compartimento posterior existe además un tabique transversal que separa a los vientres del tríceps de los músculos del plano profundo. Este tabique, en sus márgenes laterales, se une al borde medial de la tibial y al borde lateral del peroné.

A nivel del tobillo, la fascia presenta una serie de especializaciones para sujetar los tendones que van al pie denominados **retináculos**, que se describirán en un apartado independiente.

Compartimento anterior de la pierna

Músculo tibial anterior (Fig. 7-37)

Forma y situación. Es un músculo largo y fusiforme que se dispone en la zona más medial de la celda anterior de la pierna, lateralmente respecto al borde anterior de la tibia.

Inserciones y trayecto. Se origina de los dos tercios superiores de la cara lateral de la tibia y de la porción próxima de la membrana interósea. El vientre muscular se continúa en el tercio inferior de la pierna por un tendón cilíndrico que va al dorso del pie pasando por la parte más medial del retináculo extensor. Se inserta en la superficie interna de la cuña medial y en la base del primer metatarsiano.

Función. Es flexor dorsal del tobillo y cuando actúa junto con el tibial posterior participa en la inversión del pie (supinación más aproximación).

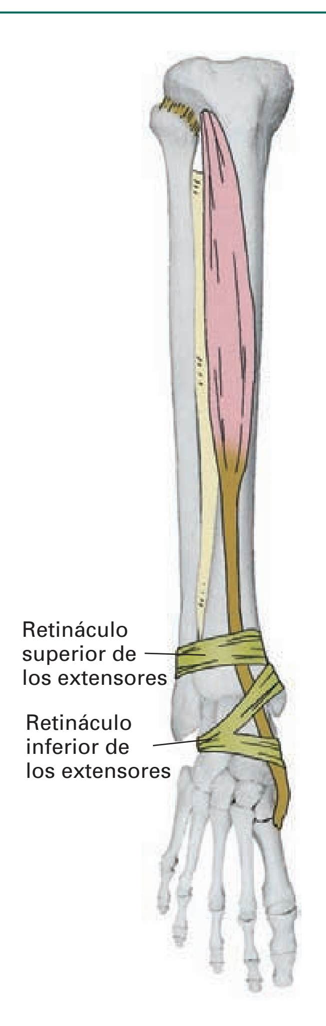




Figura 7-37. Músculo tibial anterior, visión anterior.

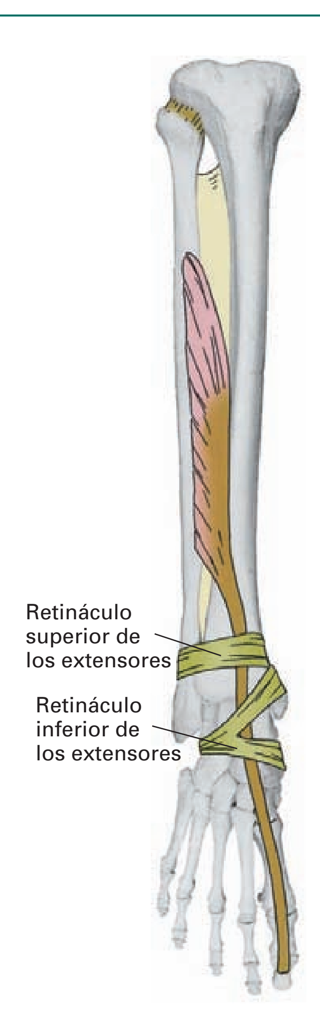


Figura 7-38. Músculo extensor largo del primer dedo, visión anterior.

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L4 y L5

Músculo extensor del primer dedo (Fig. 7-38)

Forma y situación. Es un músculo alargado y aplanado situado lateralmente al tibial anterior.

Inserciones y trayecto. Se origina en la parte medial de la cara anterior del peroné y de la membrana interósea vecina. El vientre muscular desciende hacia el pie parcialmente oculto por los músculos vecinos y se continúa por un largo tendón que después de atravesar los retináculos extensores en un compartimento propio se dirige hacia el dorso del primer dedo. Termina en la base de la falange distal del mismo dedo, pero suele dar, además, unas expansiones fibrosas para los bordes laterales de la base de la falange proximal.

Función. Como indica su nombre, es extensor del primer dedo, especialmente de la articulación metatarsofalángica. Además, contribuye de forma significativa a la flexión dorsal del pie en la articulación del tobillo.

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.

Músculo extensor largo de los dedos (Fig. 7-39)

Forma y situación. Es un músculo alargado destinado a los cuatro últimos dedos. Se sitúa en la celda anterior de la pierna lateralmente y cubriendo en parte al extensor largo del primer dedo.

Inserciones y trayecto. Se origina de los dos tercios superiores de la superficie anterior del peroné y alcanzan también la parte más superior de la membrana interósea y el cóndilo externo de la tibia. El vientre muscular se dirige hacia el tobillo, cruza el retináculo extensor y se continúa con cuatro tendones que se dirigen hacia el dorso de los

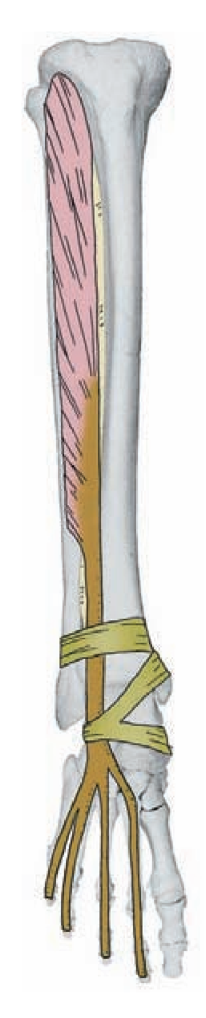


Figura 7-39. Músculo extensor largo de los dedos, visión anterior.

cuatro últimos dedos. A nivel de las falanges proximales el tendón recibe por ambos lados expansiones fibrosas procedentes la medial del tendón del lumbrical y la lateral (falta en el quinto dedo) del tendón del extensor corto de los dedos. Estas expansiones dan un aspecto triangular al tendón, y al conjunto de tendón y de las expansiones se le denomina *caperuza extensora.* De la caperuza extensora se originan tres lengüetas fibrosas, una media que se inserta en la base de la falange media y dos laterales que alcanzan la base de la falange distal.

Función. Es extensor de los cuatro dedos laterales, principalmente a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas, pero también colabora con los lumbricales en la extensión de las articulaciones interfalángicas. Debido a su trayecto por el tobillo, puede colaborar en la flexión dorsal del pie.

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.



Figura 7-40. Músculo tercer peroneo, visión anterior.

Músculo tercer peroneo

(Peroneo anterior; Fig. 7-40)

Forma y situación. Es un pequeño vientre muscular aplanado situado en la parte más lateral e inferior de la celda anterior de la pierna, asociado al margen lateral de la parte inferior del extensor largo de los dedos. Es un músculo inconstante.

Inserciones y trayecto. Se origina de la parte anterior del tercio inferior de la diáfisis del peroné. El vientre muscular se continúa con un tendón que discurre por los retináculos extensores junto al extensor largo de los dedos. Termina en la cara medial de la base del quinto metatarsiano.

Función. Es un débil flexor dorsal y eversor del pie.

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo profundo que le aportan fibras de L5 y S1.

Músculo separador largo del primer dedo

Este músculo no existe en el ser humano y es característico de otros primates, en los que está asociado al tibial anterior. La ausencia de este músculo en el ser humano pone de manifiesto la pérdida del movimiento de oposición del primer dedo como consecuencia de la adaptación

del pie a su función sustentadora necesaria para mantener la posición erecta y la marcha bípeda.

Compartimento lateral de la pierna

Músculo peroneo largo (Figs. 7-41 y 7-42)

Forma y situación. Es un músculo fusiforme fino y alargado que se continúa por un potente tendón que recorre el margen externo y la planta del pie. El vientre muscular ocupa una posición superficial en el plano lateral de la pierna tapizando al peroneo corto.

Inserciones y trayecto. Posee una inserción pequeña en la cara lateral del cóndilo lateral de la tibia y otra inserción mucho más amplia en la cabeza y en los dos tercios superiores de la superficie lateral del cuerpo del peroné. Entre las inserciones de la cabeza y del cuerpo del peroné se labra un túnel osteofibroso por donde atraviesa el nervio peroneo.

El vientre muscular se continua a nivel del tercio inferior de la pierna por un tendón potente que cubre el peroneo corto. Cruza el tobillo por detrás del maléolo lateral, bajo el retináculo peroneal superior. Una vez en el pie, el tendón se dirige primero hacia delante y abajo aplicado a la cara lateral del calcáneo pasando bajo la tróclea de los peroneos, luego alcanza el cuboides, rodea su margen externo y se introduce en el surco presente en la cara plantar del hueso. El surco del cuboides está transformado en un túnel osteofibroso por la inserción del ligamento plantar largo (véase Articulación calcaneocuboidea) y el tendón del peroneo largo, siguiendo el trayecto del túnel osteofibroso, se dirige transversalmente hacia el margen medial de la planta del pie (Fig. 7-42). Termina insertándose en la cuña medial y en la base del primer metatarsiano.

El tendón del peroneo largo, cuando cruza el margen externo del cuboides, puede presentar un hueso sesamoideo en su espesor.

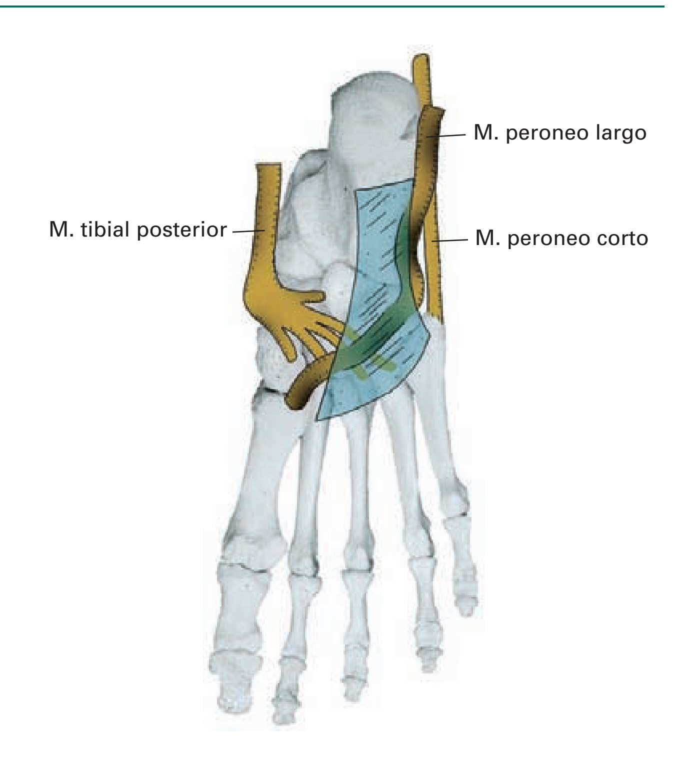


Figura 7-42. Visión plantar del pie que muestra los tendones de los músculos peroneo largo, peroneo corto y tibial posterior. En azul se representa el ligamento plantar largo.

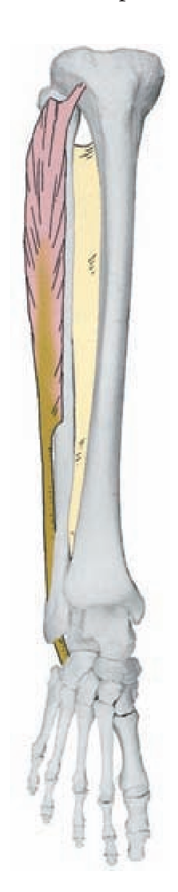


Figura 7-41. Músculo peroneo largo, visión anterior.

Función. Es un flexor plantar en la articulación del tobillo. En el pie es un motor primario del movimiento de eversión y desempeña un papel importante junto con los músculos tibiales en el mantenimiento de la bóveda plantar.

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo superficial, que le aportan fibras de L5 y S1.

Músculo peroneo corto (Fig. 7-43)

Forma y situación. Es similar pero más pequeño que el peroneo largo. Se sitúa en la celda externa de la pierna tapizado por el peroneo largo.

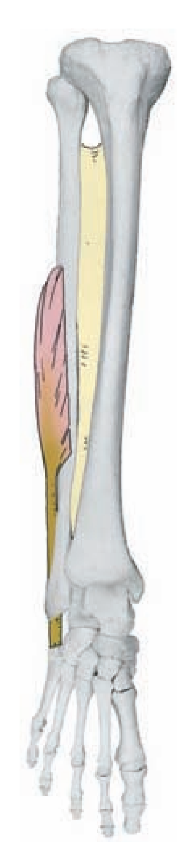


Figura 7-43. Músculo peroneo corto, visión anterior.

Inserciones y trayecto. Se origina de los dos tercios inferiores de la cara lateral del cuerpo del peroné. El cuerpo muscular es pequeño y se continúa pronto con un tendón que discurre por detrás del maléolo lateral, profundamente respecto al tendón del peroneo largo. Cuando sobrepasa el maléolo, se dirige hacia delante pasando por encima de la tróclea de los peroneos del calcáneo, que lo separa del tendón del peroneo largo. Termina insertándose en la base del quinto metatarsiano.

Función. Interviene a nivel del tobillo en la flexión plantar y a nivel del pie interviene en el movimiento de eversión (pronación y separación).

Inervación. Recibe ramas del nervio peroneo superficial, que le aportan fibras de L5 y S1.

Compartimento posterior de la pierna

Músculo tríceps sural[8] (Figs. 7-44 y 7-45)

Es un potente complejo muscular formado por tres cabezas, el sóleo, el plantar (*plantar delgado*) y el gastrocnemio, que a su vez consta de una cabeza lateral y otra medial. El tríceps ocupa el plano más superficial de la celda posterior de la pierna y cubre los músculos más profundos.

Figura 7-44. Músculo tríceps sural: cabezas medial y lateral del gastrocnemio.

Músculo gastrocnemio[9] (Fig. 7-44)

Forma y situación. El gastrocnemio consta de dos cabezas (*músculos gemelos*), una lateral y otra medial que poseen un voluminoso vientre muscular ovoide palpable bajo la piel a ambos lados de la parte alta del dorso de la pierna. Los dos vientres musculares configuran el relieve de la pantorrilla, y establecen el límite inferior de la fosa poplítea.

[8] Sural de latín *sura* = pantorrilla.

[9] Gastrocnemio procede del griego, *gastro* = vientre y *kneme* = pierna.

Inserciones y trayecto. Cada vientre arranca de la cara lateral del cóndilo femoral correspondiente. El lateral presenta habitualmente un hueso sesamoideo en el espesor del tendón (sesamoideo favella). Además, cada vientre posee algunas fibras originadas de la cápsula fibrosa de la articulación de la rodilla, a las que se asocian sendas bolsas sinoviales que ocasionalmente comunican con la membrana sinovial de la rodilla.

Los dos vientres musculares convergen en la línea media para unirse a una potente lámina tendinosa que se va a fusionar con el tendón del sóleo.

Músculo sóleo (Fig. 7-45)

Forma y situación. Como su nombre indica, el sóleo es una lámina muscular en forma de suela que se dispone profundamente respecto a los vientres del gastrocnemio.

Inserciones y trayecto. Posee una línea arqueada de inserción que incluye la línea oblicua (*línea del sóleo*) de la tibia, la cara posterior del tercio superior del cuerpo del peroné y una arcada fibrosa, **arco tendinoso del sóleo**, que une a los dos inserciones óseas anteriores. El vientre muscular se continúa en la zona media de la pierna por un gruesa lámina tendinosa que inicialmente discurre detrás de la lámina tendinosa del gastrocnemio, pero que luego se une a ella.

Músculo plantar (Fig. 7-45)

Forma y situación. Es un pequeño vientre fusiforme, inconstante, que se dispone profundo al vientre lateral del gastrocnemio y superficialmente al sóleo.

> La disposición de este músculo es muy variable en los diferentes mamíferos. En los primates próximos al ser humano habitualmente está ausente (gorila y gibón) o es muy inconstante (chimpancé y orangután). En animales digitigrados (que se apoyan en los dedos para caminar y correr), como los perros, el músculo está más desarrollado y termina en la aponeurosis plantar de forma semejante a la disposición del músculo palmar largo en la extremidad superior.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara externa del cóndilo externo del fémur y forma un diminuto vientre muscular que se prolonga pronto por un fino tendón que se desliza entre el sóleo y el gastrocnemio siguiendo un trayecto oblicuo hacia abajo y hacia dentro. El tendón termina fusionándose al margen medial del tendón del tríceps o, más a menudo, se inserta independientemente en la extremidad posterior del calcáneo.

Inserción inferior del tríceps. La inserción inferior del tríceps se realiza por medio del **tendón calcáneo** (*tendón de Aquiles*[10]). Este tendón es el más potente del organismo y se forma por la unión de las láminas tendinosas del gastrocnemio y la del sóleo que confluyen y se van estrechando a medida que desciende para terminar insertándose en la extremidad posterior del calcáneo. El tendón, en su terminación, presenta una bolsa sinovial asociada que lo separa de la parte superior de la extremidad posterior del calcáneo.

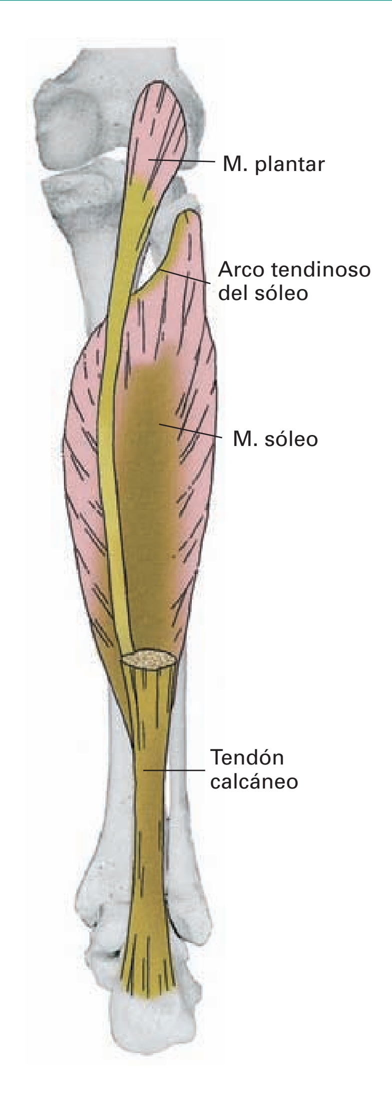


Figura 7-45. Tríceps sural: músculo sóleo tras resecar el músculo gastrocnemio.

Función. La acción conjunta del músculo tríceps es la flexión plantar del pie a nivel de la articulación del tobillo. Además, el gastrocnemio y el plantar participan en la flexión de la rodilla. El sóleo es particularmente rico en fi-

[10] Aquiles era hijo de la ninfa Tetis la cual, siendo aún bebé, para hacerle inmortal lo metió en las aguas de la laguna Estigia, olvidando sumergir su talón. Posteriormente, en la guerra de Troya fue herido y muerto por el príncipe Paris mediante una flecha lanzada a su talón.

bras rojas (resistentes a la fatiga) e interviene como músculo postural evitando que en bipedestación el cuerpo se caiga hacia delante por efecto de la gravedad.

El tendón calcáneo contiene fibras dispuestas en forma espiral y se ha propuesto que puede actuar como un muelle que se carga y descarga de energía cíclicamente durante las diferentes fases de la marcha y especialmente al correr, complementando la acción activa del músculo.

Inervación. Todos las cabezas del tríceps reciben ramas independientes del nervio tibial, que aportan fibras de S1 y S2.

Pierna de tenista

Se denomina así a un cuadro doloroso causado por el desgarro del músculo plantar que ocurre en prácticas deportivas como el tenis y que con frecuencia se achaca a un golpe de la pelota en la pantorrilla. Se debe a la relativa debilidad de este músculo. Cuando el tendón aparece totalmente seccionado, es necesaria la extirpación quirúrgica del músculo.

Tendinitis del tendón calcáneo

Es un proceso inflamatorio del tendón calcáneo causado por una sobrecarga del músculo tríceps que con frecuencia se debe a correr sobre una superficie pendiente o por el uso de un calzado inadecuado.

Músculo poplíteo (Fig. 7-46)

Forma y situación. Es un músculo pequeño con forma triangular que se dispone dorsalmente a la articulación de la rodilla.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara externa del cóndilo externo del fémur, en una fosa que lleva su nombre situada por debajo y por detrás del epicóndilo. Las fibras se dirigen oblicuamente hacia abajo y hacia dentro, aplicadas íntimamente a la articulación de la rodilla cubiertas en parte por las fibras del ligamento poplíteo arqueado. En este trayecto posee una bolsa serosa que suele comunicar con la sinovial de la rodilla formando el **receso subpoplíteo**. Además, algunas de las fibras del músculo se insertan en la base de implantación del menisco externo. Cuando sobrepasa la articulación, el músculo se inserta en la cara posterior de la tibia inmediatamente por encima de la línea oblicua del sóleo.

Función. Es un rotador medial de la pierna. Cuando la pierna está apoyada en el suelo, el poplíteo interviene como iniciador de la flexión rotando lateralmente el fémur para deshacer la posición de cierre de la articulación de la rodilla. También desempeña un papel importante en la dinámica de la rodilla moviendo hacia atrás el menisco externo (véase Articulación).

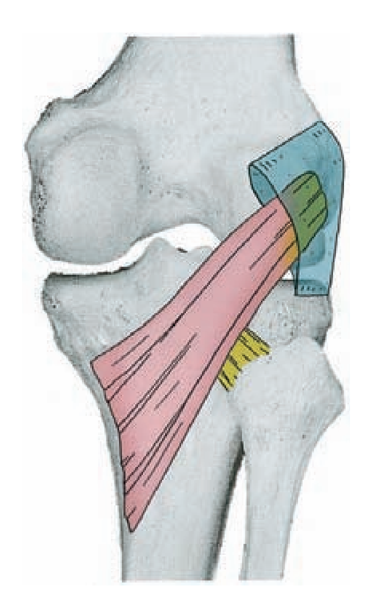


Figura 7-46. Músculo poplíteo, visión posterior de la rodilla.

Inervación. Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras de L5.

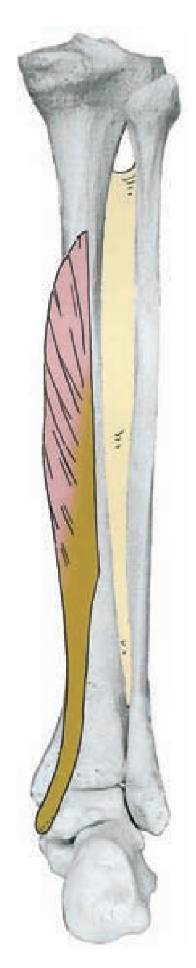
Músculo flexor largo de los dedos
(Figs. 7-47 y 7-50)

Forma y situación. Es un músculo alargado situado en el margen medial del plano profundo del dorso de la pierna.

Inserciones y trayecto. Se origina del tercio medio de la cara posterior de la tibia y desciende, inicialmente, medial al músculo tibial posterior, pero en el tercio inferior de la pierna lo cruza por detrás para seguir, ya en forma de tendón, por su margen lateral. El tendón pasa por detrás del maléolo medial, interpuesto entre los tendones del tibial posterior y del flexor largo del primer dedo. Una vez que sobrepasa el maléolo, se incurva hacia delante y camina medial al calcáneo para alcanzar la región plantar del pie. En el calcáneo discurre en un surco situado en el borde libre del *sustentaculum tali.*

En la región plantar se dirige oblicuamente hacia delante y afuera y cruza la cara inferior del tendón del flexor largo del primer dedo dividiéndose a continuación en cuatro tendones para los cuatro últimos dedos. Termina en la base de falange distal de los dedos, después de atravesar (*tendones perforantes*) los tendones del flexor corto de los dedos (*tendones perforados*), de forma similar a lo que ocurre en la extremidad superior con los tendones de los flexores superficial y profundo de los dedos.

El tendón del flexor largo de los dedos, inmediatamente antes de dividirse en los cuatro tendones terminales, recibe en su borde lateral la inserción del músculo flexor accesorio. Además, al igual que ocurre en la extremidad superior con el flexor profundo de los dedos, los tendones



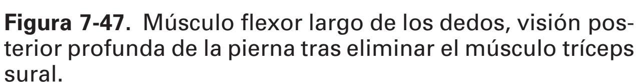


Figura 7-47. Músculo flexor largo de los dedos, visión posterior profunda de la pierna tras eliminar el músculo tríceps sural.



Figura 7-48. Músculo tibial posterior, visión posterior profunda de la pierna tras eliminar el músculo tríceps sural.

del flexor largo de los dedos prestan inserción de origen a los músculos lumbricales.

Función. Como indica su nombre, es un flexor de los cuatro últimos dedos que actuán en las articulaciones matatarsofalángicas e interfalángicas. En el tobillo puede contribuir a la flexión plantar.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio tibial, que le aportan fibras de L5, S1 y S2.

Músculo tibial posterior (Figs. 7-48 a 7-50)

Forma y situación. Es un músculo alargado que se sitúa en el plano profundo del dorso de la pierna interpuesto entre el flexor largo de los dedos y el flexor largo del primer dedo.

Inserciones y trayecto. Se origina de la zona superior de las caras posteriores de la tibia (por debajo de la línea del sóleo), del peroné y de la membrana interósea que los une. Se continúa con un tendón que contornea por detrás al maléolo medial para alcanzar la planta del pie. En la zona de tránsito entre vientre muscular y tendón lo cruza por detrás el flexor largo de los dedos.

En su trayecto por la planta del pie el tendón del tibial posterior camina bajo la cabeza del astrágalo y del ligamento calcaneonavicular plantar y termina insertándose en el tubérculo del navicular y en la base de la cuña medial y, además, emite expansiones fibrosas que van a los huesos del tarso próximos y a las bases de los metatarsianos.

Función. En el tobillo participa débilmente en el movimiento de flexión plantar. A nivel del pie, actuando conjuntamente con el tibial anterior, interviene en el movimiento de inversión (supinación más aproximación). Además, el músculo ejerce acciones estabilizadoras tanto en el tobillo como en el pie. En el tobillo, al insertarse en la tibia y en el peroné, al contraerse aproxima los maléolos confiriendo estabilidad a la articulación. En el pie, actuando conjuntamente con el tibial anterior y el peroneo largo, interviene en la redistribución de la cargas a lo largo del arco transversal.

Inervación. Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras procedentes de L4 y L5.

Músculo flexor largo del primer dedo
(Figs. 7-49 a 7-50)

Forma y situación. Es un músculo largo y potente que se sitúa en el margen lateral del plano profundo del dorso de la pierna tapado por el sóleo.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara posterior del tercio medio del peroné y de la membrana interósea próxima. Se continúa con un tendón largo que contornea por detrás el maléolo medial y la extremidad posterior del astrágalo para situarse a continuación en la cara medial del calcáneo bajo el *sustentaculum tali*, donde está sujeto al hueso por una banda fibrosa. El tendón se dirige al primer dedo por la planta del pie y, en este trayecto, es cruzado superficialmente por el tendón del flexor largo de los dedos. Termina en la base de la falange distal del primer dedo.

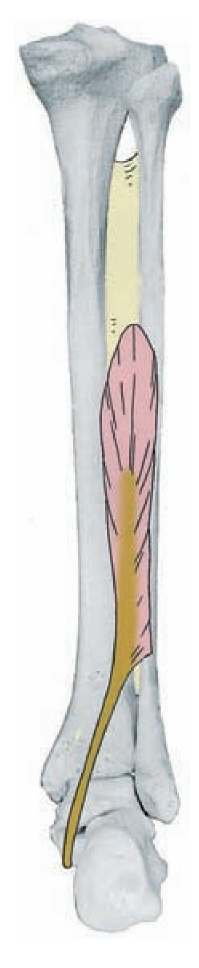


Figura 7-49. Músculo flexor largo del primer dedo, visión posterior tras eliminar el músculo tríceps sural.

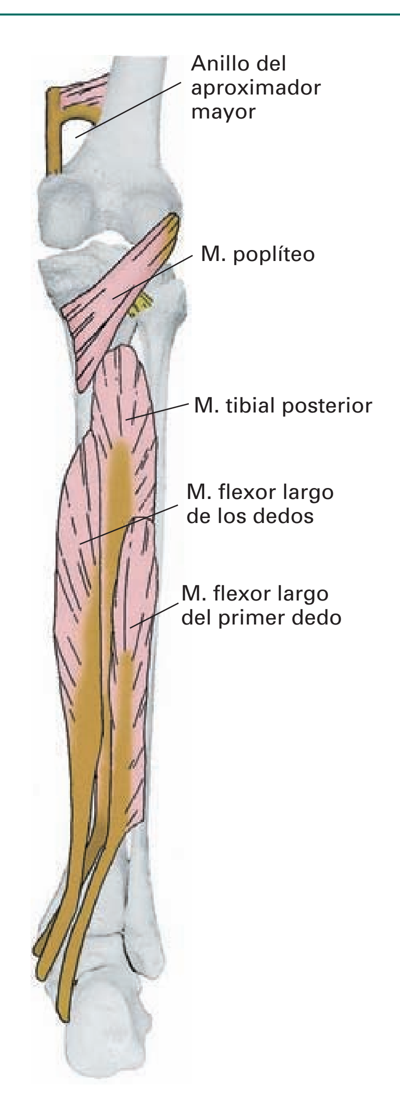


Figura 7-50. Conjunto de los músculos profundos de la región posterior de la pierna.

Función. Flexiona el primer dedo en todas sus articulaciones. En el tobillo, por su trayecto, puede contribuir a la flexión plantar del pie.

Inervación. Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras procedentes de S1 y S2.

MÚSCULOS CORTOS Y FASCIAS DEL PIE

Al igual que en la mano, el pie aloja un amplio número de músculos cortos. La función de estos músculos, sin embargo, difiere considerablemente respecto al importante papel de los músculos cortos de la mano en la movilización de los dedos. En general, los músculos del pie están menos desarrollados que en la mano y su trascendencia funcional se asocia a la función de apoyo contribuyendo al mantenimiento de la bóveda plantar y soportando las

enormes tensiones que se producen en el pie durante la marcha, la carrera y el salto. Desde el punto de vista topográfico, la mayor parte de los músculos se alojan en la planta del pie; no obstante, en el dorso del pie se dispone un complejo muscular extensor de los dedos. Los músculos del pie están envueltos por la **fascia profunda del pie**, que superiormente se continúa con la fascia profunda de la pierna. En la parte dorsal del pie la fascia carece de detalles de interés, mientras que en la región plantar forma una estructura muy potente de gran importancia funcional en el mantenimiento de la arquitectura del pie, que se describirá al final del capítulo.

Región dorsal

Músculo extensor corto de los dedos
(Pedio; Fig. 7-51A)

Forma y situación. Es un músculo pequeño y aplanado situado en el dorso del pie por debajo de los tendones del extensor largo de los dedos. Posee un vientre muscular que se ramifica pronto en lengüetas musculares independientes que van a los cuatro primeros dedos. La primera de las lengüetas se describe con el nombre de **músculo extensor corto del primer dedo**.

Inserciones y trayecto. Se origina en la cara superior del calcáneo por delante del seno del tarso y se continúa con tres pequeños vientres musculares que forman finos tendones que se dirigen a los dedos 2.º, 3.º y 4.º y terminan fusionándose al tendón del extensor largo de los dedos.

Función. Ayuda al extensor largo de los dedos en el movimiento de extensión de los dedos a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas, y colabora con los lumbricales en la extensión de las articulaciones interfalángicas.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.

Músculo extensor corto del primer dedo
(Fig. 7-51A)

Forma y situación. Es el primero de los fascículos que surgen del tendón de origen del extensor corto de los dedos.

Inserciones y trayecto. Es igual a los fascículos del extensor corto de los dedos, pero a diferencia de ellos termina en la base de la falange proximal del primer dedo.

Función. Es extensor del primer dedo.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.

Región plantar

Los músculos de la región plantar del pie tienen una organización similar a la que hemos estudiado en la mano. Por un lado, en la zona media de la región plantar se localizan los músculos interóseos y lumbricales, equivalentes a los de la mano, y además dos flexores para los cuatro últimos

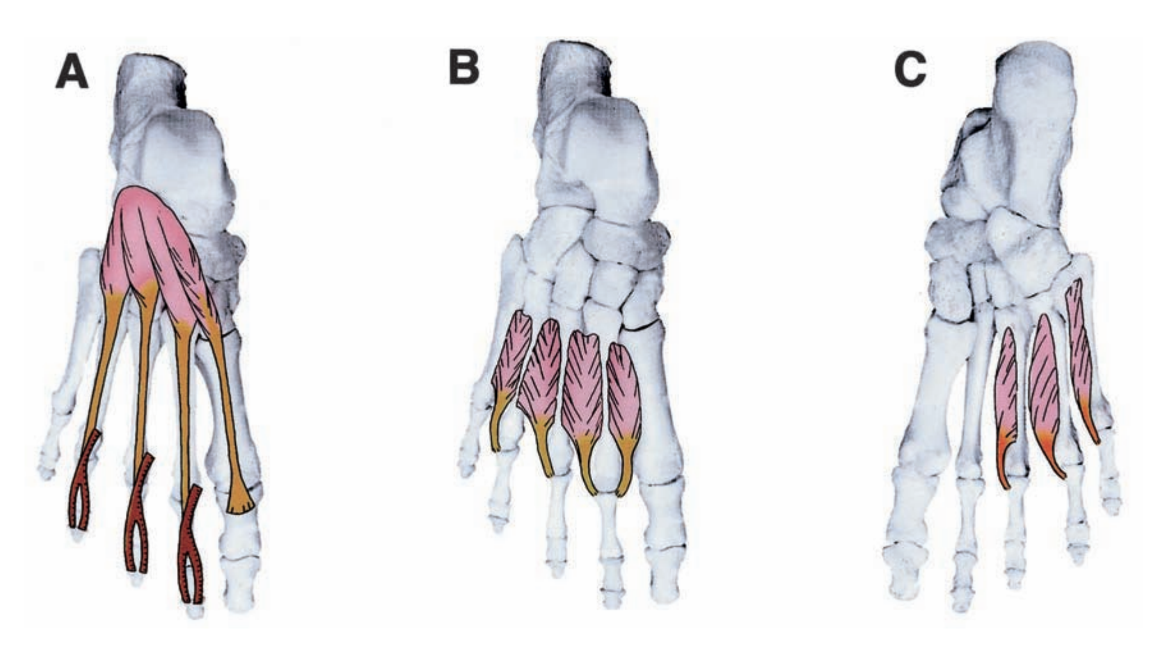


Figura 7-51. Músculos del pie. A) Músculo extensor corto de los dedos (visión dorsal); B) músculos interóseos dorsales (visión dorsal); C) músculos interóseos plantares (visión plantar).

dedos que no existen en la mano, el flexor corto de los dedos y el flexor accesorio o cuadrado plantar. A ambos lados de la región plantar, se disponen músculos para el primer dedo, y músculos para el quinto dedo, que representan a los músculos de las eminencias tenar e hipotenar de la mano.

Músculos interóseos dorsales (Fig. 7-51B)

Forma y situación. Son músculos peniformes cortos y planos, similares a los de la mano, que se disponen en los espacios delimitados por los metatarsianos, dorsalmente a los músculos interóseos plantares. Se denominan 1.º, 2.º, 3.º y 4.º dependiendo del espacio interóseo que ocupan.

Inserciones y trayecto. Se originan de la diáfisis de los dos metatarsianos que delimitan cada espacio interóseo. Las fibras se continúan por un tendón que va a insertarse en la cara lateral o medial de la base de la primera falange del dedo más próximo al eje del pie (dedo 2.º). Por lo tanto, el primero y el quinto dedo carecen de terminación de interóseo dorsal, mientras que el 2.º dedo recibe la terminación del 1.º y 2.º interóseo dorsal. A diferencia de las manos, el tendón de los interóseos dorsales no suele dar expansión fibrosa para los tendones de los extensores de los dedos.

Función. Son separadores de los dedos a nivel de la articulación metatarsofalángica y, actuando junto con los interóseos plantares, son flexores de los dedos en la misma articulación.

Inervación. Se inervan por ramas del nervio plantar lateral, que les aportan fibras de S2 y S3.

Músculos interóseos plantares (Fig. 7-51C)

Forma y situación. Son tres pequeños vientres musculares fusiformes situados en los espacios interóseos 2.º, 3.º, y 4.º.

Inserciones y trayecto. Se originan de la diáfisis y la base del metatarsiano localizado más alejado del 2.º dedo y se continúan por un tendón que termina en la cara medial de la base de la falange proximal del mismo dedo en el que se originan.

Función. Son aproximadores de los dedos en los que se insertan. También intervienen como flexores de la articulación metartarsofalángica actuando junto a los dorsales.

Inervación. Se inervan por ramas del nervio plantar lateral, que les aporta fibras de S2 y S3.

Músculos lumbricales (Fig. 7-52)

Forma y situación. Al igual que en la mano, son cuatro pequeños músculos fusiformes asociados a los tendones del flexor largo de los dedos que se extienden hasta los tendones de los extensores de los dedos. Se denominan 1.º, 2.º, 3.º y 4.º contando de medial a lateral.

Inserciones y trayecto. Se insertan en los bordes de los tendones del flexor largo de los dedos y se dirigen hacia la cara medial de la articulación metatarsofalángica de los cuatro últimos dedos para insertarse en la base de la falange proximal y dar una expansión para el tendón de los extensores de los dedos.

Función. Por su inserción en la base de la falange proximal son flexores del dedo en la articulación metatarsofalángica y por su expansión al tendón extensor son extensores de los dedos en las articulaciones interfalángicas.

> Los músculos lumbricales reciben gran cantidad de fibras nerviosas, de la cuales un número significativo son sensitivas. Por este motivo se ha sugerido que intervienen en la coordinación de la fuerza de contracción de los músculos extensores y flexores durante la marcha.

Inervación. El primer lumbrical se inerva por el nervio plantar medial, que le aporta fibras de S1 y S2. Los otros tres lumbricales se inervan por el nervio plantar lateral, que le aporta fibras de S2 y S3.

Músculo flexor accesorio o cuadrado plantar (Fig. 7-52)

Forma y situación. Es una lámina muscular rectangular asociada al tendón del flexor largo de los dedos. Se sitúa en la parte posterior de la región plantar, profundamente respecto al músculo flexor corto de los dedos.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara inferior del calcáneo y sus fibras musculares se dirigen hacia delante para terminar uniéndose al borde lateral del tendón del flexor largo de los dedos.

Función. Al contraerse favorece la acción flexora del flexor largo de los dedos y corrige los efectos derivados del trayecto oblicuo de este tendón en la planta del pie.

Inervación. Se inerva por ramas del nervio plantar lateral, que le aportan fibras de S2 y S3.

Músculo flexor corto de los dedos (Fig. 7-53A)

Forma y situación. Es un músculo aplanado y rectangular que se dispone en la zona media del plano superficial de la planta del pie tapado por la aponeurosis plantar.

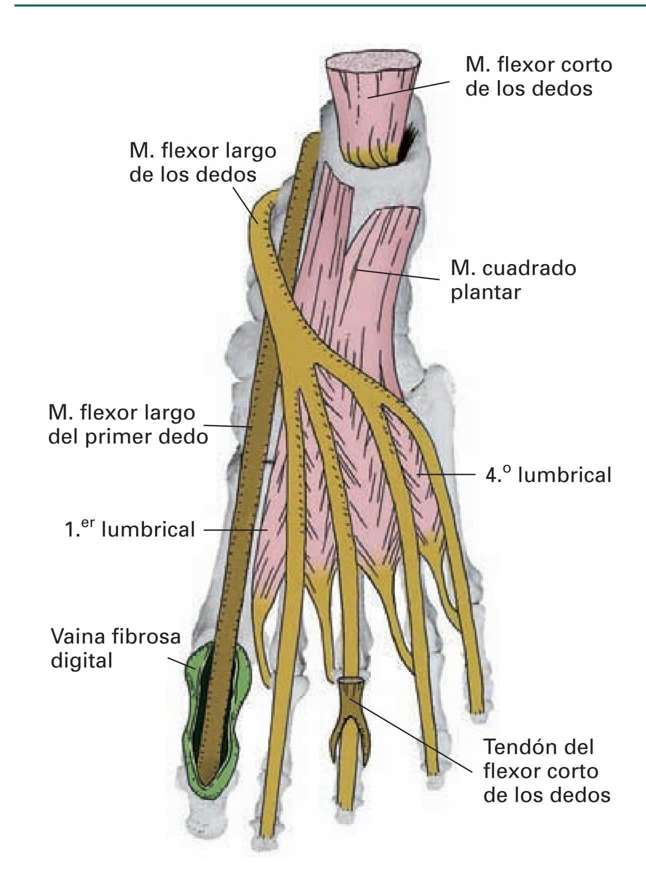


Figura 7-52. Músculos de la planta del pie.

Inserciones y trayecto. Se origina en la parte posterior de la cara inferior del calcáneo y forma un vientre muscular rectangular que se divide en cuatro fascículos cuyos tendones van en busca de los cuatro últimos dedos. Los tendones presentan un ojal (*tendón perforado*) a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas por donde atraviesa el tendón del flexor largo de los dedos (*tendón perforante*). Distalmente al ojal, los tendones se bifurcan para insertarse en los lados de la base de la falange intermedia.

Función. Es un flexor de los dedos que actúa primero en las articulaciones interfalángicas medias y luego en la metatarsofalángica.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar medial, que le aporta fibras de S2 y S3.

Músculo flexor corto del primer dedo
(Fig. 7-53B)

Forma y situación. Es un músculo corto situado profundamente en la parte medial de la planta del pie.

Inserciones y trayecto. Se origina de la cara inferior del cuboides y cuneiformes intermedio y lateral y se dirige hacia delante en busca del primer dedo. Se divide en dos fascículos, entre los que discurre el tendón del flexor largo del primer dedo, que terminan a ambos lados de la base de la falange proximal. En el espesor de sus tendones de terminación se desarrollan los huesos sesamoideos presentes en la articulación metatarsofalángica.

Función. Flexiona el primer dedo en la articulación metatarsofalángica.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar medial, que le aporta fibras de S1 y S2.

Músculo aproximador del primer dedo
(Fig. 7-53C)

Forma y situación. Consta de dos pequeñas cabezas, **oblicua** y **transversa**, que se disponen en el plano profundo de la región plantar lateralmente al flexor corto del primer dedo.

Inserciones y trayecto. Se origina del cuboides y de la base de los metatarsianos 3.º y 4.º (cabeza oblicua) y de la cápsula fibrosa de las articulaciones de la cabeza de los metatarsianos 3.º, 4.º y 5.º (cabeza transversa). Desde ambos orígenes, los dos vientres musculares se dirigen a la cara lateral de la base de la falange proximal del primer dedo, donde se fusionan al tendón lateral del flexor corto.

Función. Desplaza el primer dedo en dirección al segundo dedo y flexiona la articulación metatarsofalángica.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar lateral, que le aporta fibras de S2 y S3.

Músculo separador del primer dedo
(Fig. 7-53D)

Forma y situación. Es un músculo alargado y potente que discurre en el plano superficial del margen interno de la planta del pie, cubierto por la aponeurosis plantar.

Inserciones y trayecto. Se origina del tubérculo interno de la cara inferior del calcáneo y se dirige hacia delante para terminar en la cara medial de la base de la falange proximal del primer dedo fusionándose con el tendón del flexor corto del mismo dedo.

Función. Es un separador y flexor del primer dedo a nivel de la articulación metatarsofalángica. No obstante, su principal papel tiene que ver con el mantenimiento del arco longitudinal interno de la bóveda plantar y con la regulación del apoyo del primer dedo durante la marcha para evitar que se desplace en dirección a los otros dedos.

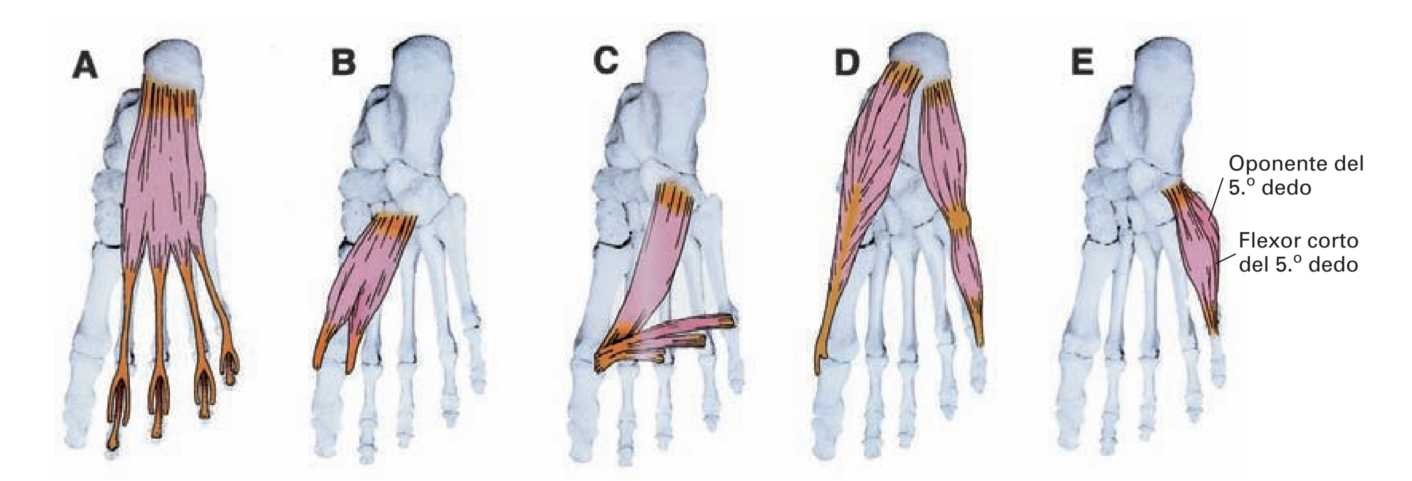


Figura 7-53. Músculos de la planta del pie. A) Músculo flexor corto de los dedos; B) músculo flexor corto del primer dedo; C) músculo aductor del primer dedo; D) músculos separador del primer dedo y separador del quinto dedo; E) músculos flexor corto y oponente del quinto dedo.

De hecho una afección frecuente del pie son los juanetes secundarios a la desviación (*valgo*) del primer dedo.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar medial, que le aporta fibras de S1 y S2.

Músculo flexor del quinto dedo (Fig. 7-53E)

Forma y situación. Es un pequeño vientre muscular asociado al margen lateral del quinto metatarsiano.

Inserciones y trayecto. Se origina en la base del quinto metatarsiano y termina en la parte lateral de la base de la falange proximal del quinto dedo.

Función. Es flexor del quinto dedo y contribuye al mantenimiento del arco longitudinal lateral del pie.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar lateral, que le aporta fibras de S2 y S3.

Músculo oponente del quinto dedo

Es un pequeño vientre muscular inconstante asociado al flexor corto del quinto dedo. Se origina en la vaina fibrosa del tendón del peroneo largo y termina en el margen lateral del cuerpo del quinto metatarsiano.

Músculo separador corto del quinto dedo (Fig. 7-53D)

Forma y situación. Es un vientre muscular alargado que se dispone a lo largo del margen externo del pie bajo la aponeurosis plantar.

Inserciones y trayecto. Se origina en la cara inferior del calcáneo, se dirige hacia el quinto dedo y termina en la falange proximal junto al flexor corto.

Función. Es separador del quinto dedo y contribuye también a flexión de la articulación metatarsofalángica.

Inervación. Se inerva por el nervio plantar lateral, que le aporta fibras de S2 y S3.

Fascia profunda del pie: aponeurosis plantar

Como se ha descrito al inicio del capítulo, la fascia profunda del pie carece de detalles de importancia en el dorso del pie; sin embargo, en la planta la fascia posee una significación funcional importante.

La consistencia de la aponeurosis plantar no es homogénea en toda la planta del pie, sino que se encuentra reforzada en su porción más central. Por este motivo suele dividirse a la fascia en tres partes, la porción medial, que tapiza al músculo separador corto del pulgar, la zona intermedia, que es la más gruesa y recibe el nombre de **aponeurosis plantar**, y la porción lateral, que cubre el músculo separador del quinto dedo.

La aponeurosis plantar es la más potente del organismo y consiste en una gruesa lámina de aspecto nacarado formada por múltiples capas de tejido fibroso. Tiene forma triangular con el vértice situado en el talón, donde está adherida a la cara inferior del calcáneo. Tapiza la zona central de la planta del pie correspondiente al trayecto del músculo flexor corto de los dedos. Por delante se continúa con cinco lengüetas que se fusionan a los túneles fibrosos de los dedos. A los lados se continúa con las porciones lateral y medial de la fascia plantar. Estas zonas de fusión

aparecen como surcos, debido a que se corresponden con una zona en la que se forman tabiques fibrosos incompletos que penetran en profundidad hasta el plano óseo y separan al músculo flexor corto de los dedos de los separadores del primer dedo y del quinto dedo.

La mayoría de los componentes fibrilares de la aponeurosis plantar tienen una orientación longitudinal; sin embargo, también posee fibras transversales, las cuales se concentran a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas y en los márgenes posteriores de las comisuras interdigitales.

Desde el punto de vista funcional, la aponeurosis plantar desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de los arcos longitudinales del pie que definen la forma de bóveda de la planta del pie (véase Bóveda plantar).

VAINAS FIBROSAS Y SINOVIALES DE LOS TENDONES DE LA PIERNA Y DEL PIE

Los tendones que desde los músculos de la pierna se dirigen al pie y a los dedos, están alojados a nivel del tobillo y de los dedos en canales fibrosos que actúan de poleas de reflexión y les mantienen en posición durante los movimientos. Estos dispositivos fibrosos son zonas especializadas de la fascia profunda y se complementan con **vainas sinoviales**, también denominadas **vainas tendinosas**, que envuelven los tendones facilitando su deslizamiento durante la contracción.

A nivel del tobillo, las láminas fibrosas que sujetan los tendones se denominan **retináculos**. Existen dos retinácu-

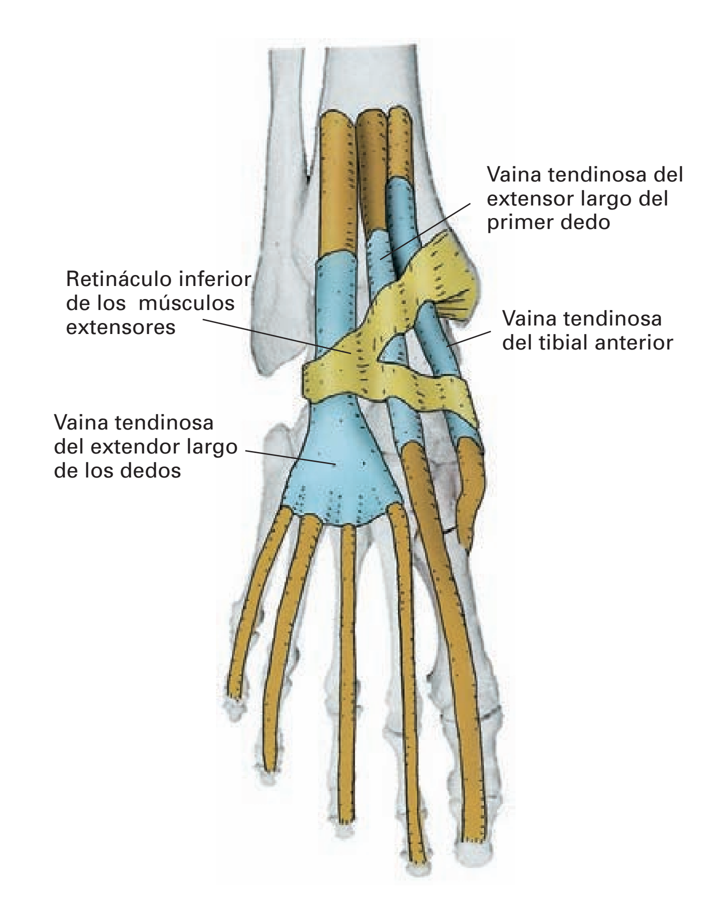


Figura 7-54. Vainas tendinosas del dorso del pie.

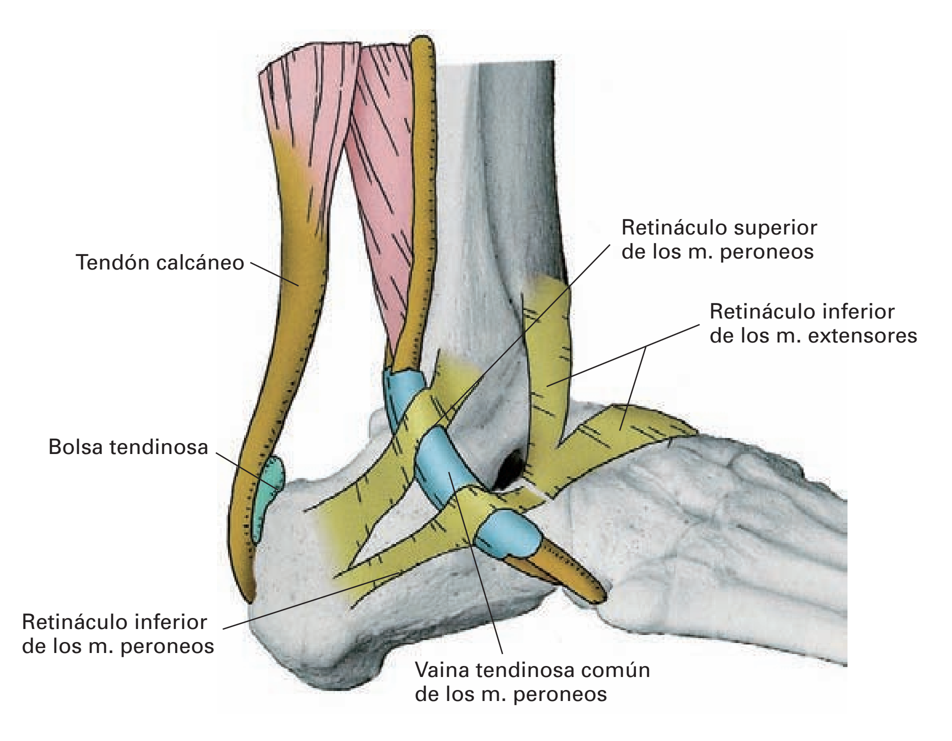


Figura 7-55. Visión lateral del pie, que muestra los retináculos peroneos y la vaina tendinosa de los peroneos.

los, superior e inferior, para los tendones de los músculos extensores, dos retináculos, superior e inferior, para los tendones de los músculos peroneos y un retináculo para los músculos flexores que discurren por detrás del maléolo interno.

A nivel de los dedos se forman túneles osteofibrosos similares a los descritos en la mano.

Retináculo superior de los extensores

Es una banda fibrosa dependiente de la aponeurosis de la pierna, que tapiza superficialmente los tendones de los extensores extendiéndose desde el extremo inferior del cuerpo del peroné al extremo inferior de la tibia.

Retináculo inferior de los extensores (Fig. 7-54)

El retináculo inferior de los extensores (*ligamento anular anterior del tarso*) es una lámina fibrosa que se origina del calcáneo, en la zona del extremo anterior y lateral del seno del tarso. Prácticamente, desde su origen, la lámina se bifurca en dos bandas, una superior y otra inferior. La *banda superior* es una estructura compleja, que se dirige hacia el maléolo interno y presenta desdoblamientos a lo largo de su recorrido que generan tres túneles fibrosos por donde descienden los tendones de los extensores. En el túnel medial camina el tendón del tibial anterior, en el túnel medio el tendón del extensor largo del primer dedo y en el túnel lateral los tendones del extensor largo de los dedos y el peroneo tercero.

La *banda inferior* se dirige hacia el borde medial del pie para terminar en el navicular y en la cuña medial; presenta dos desdoblamientos que generan dos túneles fibrosos independientes, uno para el tendón del tibial anterior y otro para el tendón del extensor largo del primer dedo. Los tendones del extensor largo de los dedos y del peroneo anterior caminan por debajo de la banda fibrosa pero carecen del desdoblamiento fibroso independiente para ellos.

Vainas sinoviales de los extensores (Fig. 7-54)

En su trayecto por los retináculos extensores, los tendones están envueltos por vainas sinoviales independientes que se extienden desde las proximidades del borde superior del retináculo superior hasta la zona media del tarso.

Retináculos de los peroneos (Fig. 7-55)

Son dos láminas fibrosas que sujetan los tendones de los peroneos largo y corto en su trayecto por el tobillo. El **reti-**

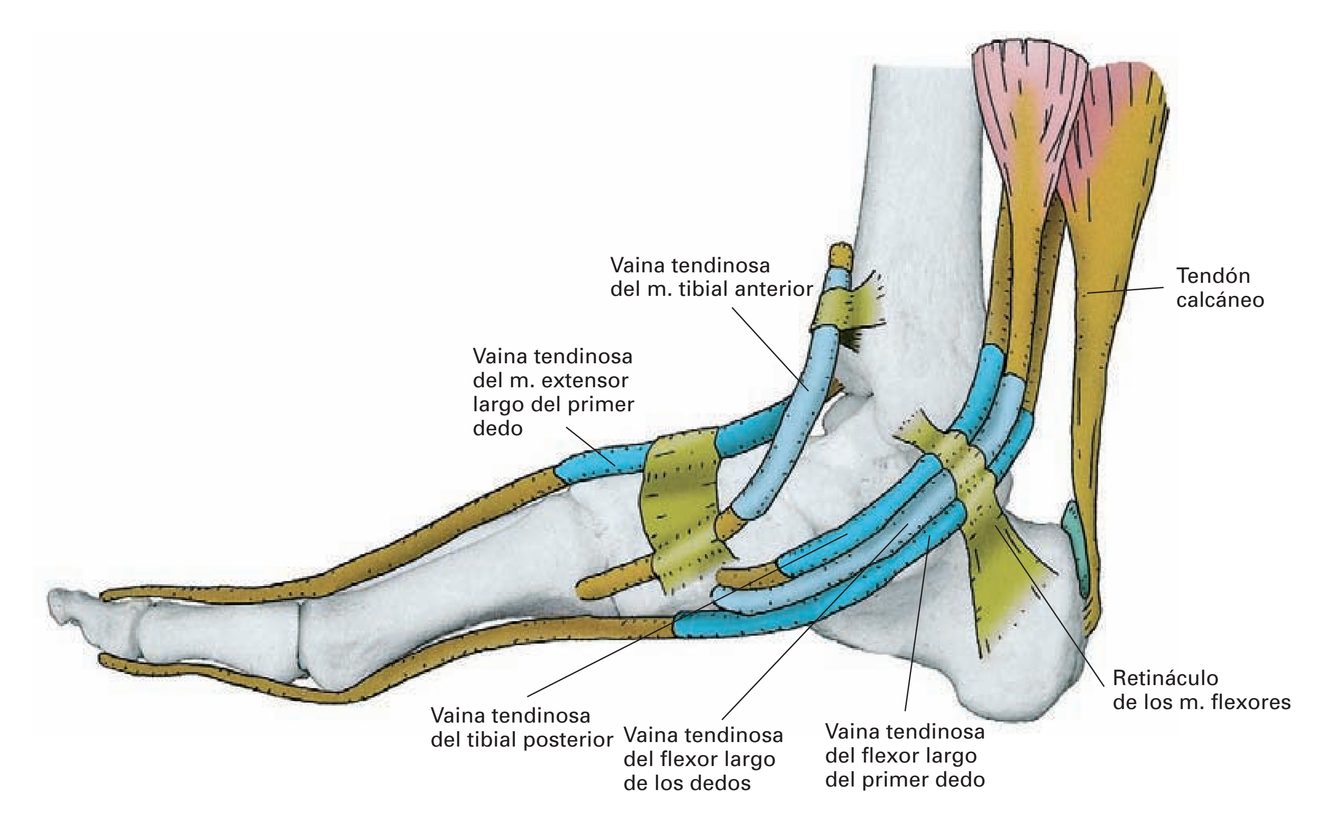


Figura 7-56. Visión medial del pie, que muestra el retináculo flexor con las vainas tendinosas de los músculos flexores.

náculo superior (*ligamento anular externo*) se extienden desde el maléolo lateral hasta la parte posterior de la cara lateral del calcáneo y delimita un canal fibroso por detrás del maléolo por donde discurren juntos los dos tendones. El **retináculo inferior** se extiende entre el maléolo y la parte anterior de la cara lateral del calcáneo, incluyendo la tróclea de los peroneos. Sujeta los tendones sobre la cara lateral del calcáneo y emite tabiques hacia el hueso formando dos túneles osteofibrosos independientes: el superior para el tendón del peroneo corto y el inferior para el peroneo largo.

Vainas sinoviales de los peroneos (Fig. 7-55)

A nivel del retináculo superior, los tendones de los peroneos están incluidos en una vaina sinovial común, que se divide de modo que a la altura del retináculo inferior cada tendón tiene su sinovial propia. Las vainas de los peroneos se agotan a nivel del cuboides, pero el peroneo largo posee una vaina adicional a lo largo de su trayecto por la planta del pie.

Retináculo de los flexores (Fig. 7-56)

Es una banda fibrosa que se extiende desde el maléolo medial al tubérculo medial del calcáneo y que emite, por su cara profunda, tabiques que se dirigen a la cara posterior de la extremidad inferior de la tibia y a la cápsula fibrosa del tobillo elaborando cuatro túneles fibrosos. El túnel medial contiene el tendón del tibial posterior; más lateralmente está el túnel para del flexor largo de los dedos; el siguiente túnel contiene los vasos tibiales posteriores y el nervio tibial; y el túnel más lateral corresponde al tendón del flexor largo del primer dedo.

Vainas sinoviales de los flexores (Fig. 7-56)

Los tendones del tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del primer dedo poseen vainas sinoviales independientes que comienzan en las proximidades del borde superior del retináculo flexor y se extienden hasta el nivel de los huesos de la unidad media del pie.

Vainas fibrosas y sinoviales de los tendones de los dedos (Fig. 7-52)

Los tendones flexores de los dedos, al igual que ocurre en la mano, caminan alojados bajo una canal fibroso que, junto a las falanges, forma un túnel. En este trayecto los tendones disponen de una vaina sinovial que se agota a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas.

ARTICULACIONES Y DINÁMICA FUNCIONAL

ARTICULACIÓN COXOFEMORAL

La articulación coxofemoral o articulación de la cadera se establece entre la cabeza femoral y el acetábulo del hueso coxal, y une la extremidad inferior al tronco. Constituye el ejemplo paradigmático de articulación esférica de tipo cotílico, en la que una superficie, en este caso la cabeza femoral, tiene forma de segmento de esfera maciza y el otro, el acetábulo del coxal, de segmento de esfera hueca. La morfología de las superficies articulares confiere a la articulación una amplia movilidad y una gran estabilidad para transmitir la carga mecánica del tronco hacia la extremidad. No obstante, es interesante señalar, que la máxima congruencia entre las dos superficies articulares se consigue en la posición de reposo de la extremidad en los cuadrúpedos (flexión de 90°, ligera rotación externa de unos 10° y separación de unos 5°). Este hecho indica que la adquisición de la posición erecta en los seres humanos se acompaña de una disminución de la estabilidad en la articulación.

Morfología (Figs. 7-57 a 7-64)

Superficies articulares (Figs. 7-57 a 7-60)

Las zona articular del coxal es el **acetábulo**, el cual posee el aspecto de una copa en cuyo contorno inferior hay una marcada escotadura, la **escotadura acetabular** . Sin embargo, sólo la pared lateral de la cavidad, denominada **superficie semilunar**, está revestida de cartílago y establece contacto articular con la cabeza del fémur. La zona central del acetábulo, **fosa acetabular**, carece de revestimiento cartilaginoso y está ocupada por un cúmulo de grasa con propiedades fibroelásticas, que hace de amortiguador de presiones. Por otro lado, como consecuencia de la presencia de la escotadura acetabular, la superficie semilunar no forma un anillo completo, sino que tiene el aspecto de una C, o «semiluna», con la interrupción situada en su zona inferior.

La amplitud de la superficie semilunar se incrementa en el sujeto vivo por la presencia de un **labio acetabular** de fibrocartílago que se une en el contorno del borde del acetábulo. El labio acetabular posee una amplitud de pocos milímetros y en sección transversal tiene forma triangular uniéndose por la base al borde del acetábulo. A nivel de la escotadura acetabular el labio salta entre los dos extremos de la superficie semilunar formando el **ligamento transverso del acetábulo** que completa el contorno circular de la cavidad articular y contribuye a sujetar la cabeza del fémur en el interior de la articulación. Un detalle anatómico de interés es que el ligamento no ocluye por completo la escotadura acetabular, sino que deja un orificio que permite

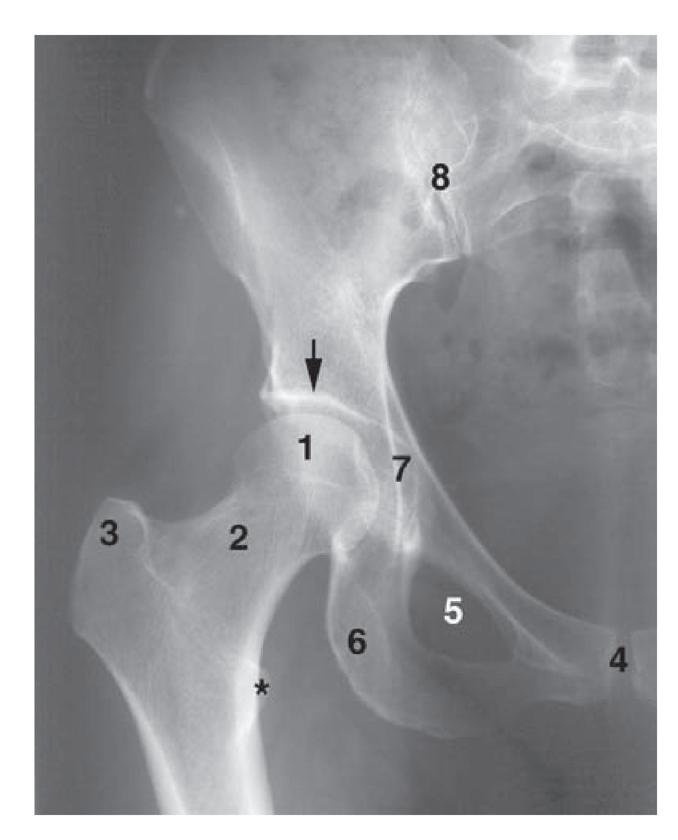


Figura 7-57. Radiografía anteroposterior de la cadera. 1) Cabeza del fémur; 2) cuello anatómico del fémur; 3) trocánter mayor; 4) sínfisis del pubis; 5) agujero obturador; 6) tuberosidad isquiática; 7) fosa acetabular; 8) articulación sacroilíaca. Borde acetabular (flecha); trocánter menor (asterisco).

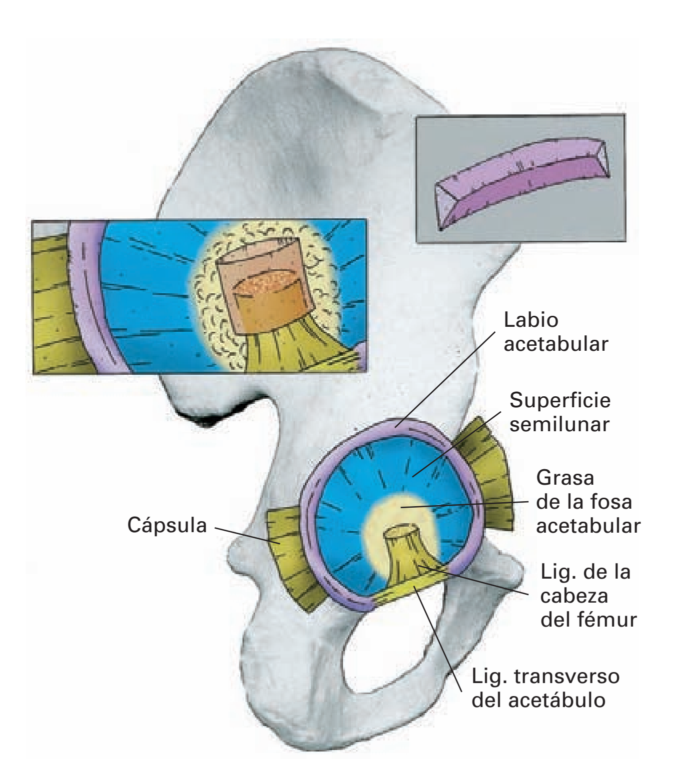


Figura 7-58. Acetábulo de la articulación de la cadera tras eliminar la cabeza del fémur y seccionar el ligamento redondo. En el recuadro de la izquierda se indica un detalle del ligamento redondo envuelto en un manguito de membrana sinovial. En el recuadro superior se representa un detalle del labio acetabular.

el paso de una prolongación de la membrana sinovial hacia el interior de la cavidad articular para revestir el ligamento de la cabeza del fémur y la grasa de la fosa acetabular.

En el fémur, la superficie articular es la **cabeza femoral**, que tiene el aspecto de un segmento de unos 3/4 de esfera y está revestida de cartílago articular excepto en una pequeña zona deprimida, denominada **fosa de la cabeza femoral** (*fosita del ligamento redondo*), que ocupa una posición ligeramente posterior e interna. La superficie articular contacta con la superficie semilunar y con el labio articular del acetábulo, mientras que la fosa de la cabeza femoral se proyecta sobre la grasa situada en la fosa acetabular y recibe la inserción del **ligamento de la cabeza femoral** (*ligamento redondo*).

Cápsula articular (Figs. 7-59 a 7-61, 7-63 y 7-64)

La cápsula fibrosa de esta articulación es la más potente de todo el organismo. En el coxal se une al borde acetabular excepto a nivel de la escotadura acetabular, donde se une al ligamento transverso. En el fémur, la cápsula se inserta en el cuello, por delante a nivel de la línea intertrocantérea y por detrás aproximadamente 1 cm por encima de la cresta intertrocantérea. Por tanto, mientras que en el plano anterior el cuello femoral es totalmente intraarticular, en el plano posterior el tercio externo del cuello queda fuera de la articulación.

La membrana sinovial se inicia en el borde periférico del cartílago articular de la cabeza femoral, tapiza la porción intracapsular del cuello del fémur y se vuelve sobre sí misma para cubrir la cara profunda de la cápsula fibrosa y a la cara externa del labio articular. A nivel de la escotadura acetabular, se une al ligamento transverso y presenta una prolongación independiente que se refleja hacia el interior del acetábulo para unirse al contorno de la fosa de la cabeza femoral formando un manguito que recubre el ligamento redondo y la grasa de la fosa acetabular.

En el plano anterior la sinovial de la articulación suele estar en continuidad con la bolsa serosa del tendón del músculo iliopsoas (véase más adelante).

A nivel del fémur, algunas fibras de la cápsula fibrosa no alcanzan la línea general de inserción de la cápsula en el cuello, sino que se insertan en zonas de la superficie del cuello femoral más próximas a la cabeza. Estas fibras forman pliegues en la membrana sinovial denominados **frenos capsulares** en cuyo interior caminan vasos sanguíneos que se distribuyen por la extremidad superior del fémur.

Ligamentos (Figs. 7-59 y 7-60; 7-62 y 7-63)

La cápsula fibrosa posee tres refuerzos ligamentosos intrínsecos, los ligamentos **iliofemoral**, **isquiofemoral** y **pubofemoral**. Además, como se ha descrito anteriormente, asociado a las superficies articulares se dispone el **ligamento transverso** y en el interior de la articulación se sitúa el **ligamento de la cabeza femoral**, el cual posee una significación singular.

El **ligamento iliofemoral** se origina en la espina ilíaca anteroinferior y se extiende hacia abajo a modo de abanico cubriendo la cara anterior de la articulación para terminar a lo largo de la línea intertrocantérea. Su desarrollo no es uniforme, sino que las fibras de ambos márgenes son más marcadas, dándole el aspecto de una Y invertida. El ligamento iliofemoral se tensa durante los movimientos de extensión.

> Cuando la articulación está inflamada, para evitar el dolor, el enfermo adopta una postura de defensa en la que el muslo se dispone en flexión, rotación externa y ligera separación. En esta postura, el ligamento iliofemoral está más relajado.
>
> Con el fin de evitar el agotamiento muscular, al permanecer en posición de firmes durante mucho tiempo, o al bajar cuestas muy pendientes, las personas tienden a adoptar una postura de hiperextensión de la cadera en la que el soporte del tronco se asume por el ligamento iliofemoral en lugar de por los músculos flexores.

El **ligamento pubofemoral** es un refuerzo débil de la articulación y se extiende entre la eminencia iliopúbica y la parte inferointerna de la línea intertrocantérea. Entre este ligamento y el iliofemoral la cápsula está poco desarrollada y suele presentar una perforación que pone en comunicación la sinovial articular con la bolsa serosa del tendón del músculo iliopsoas.

El **ligamento isquiofemoral** se origina en el isquión y cruza la cara posterior de la cápsula fibrosa siguiendo una dirección oblicua hacia fuera y hacia abajo hasta que alcanza la cara anterior de la base del trocánter mayor.

En la zona posterior e inferior de la cápsula fibrosa existe un dispositivo de fibras de refuerzo con una disposición anular que han sido denominadas **zona orbicular**.

El **ligamento de la cabeza femoral** (*ligamento redondo*) representa una inserción de fibras del músculo pectíneo que han desaparecido en el ser humano y carece de funciones de sujeción o refuerzo de la articulación. Está formado por una cinta fibrosa con forma de cono truncado que se sitúa en el interior del acetábulo. Por su vértice truncado se inserta en la fosita de la cabeza femoral. Desde esta inserción se dirige, inicialmente con el aspecto de una cinta, hacia abajo y afuera aplicado sobre la cabeza femoral. Por su base, el ligamento amplia su contorno para insertarse en los extremos de la escotadura acetabular y en el borde inferior del ligamento transverso. El ligamento está revestido por la membrana sinovial, que forma una prolongación en forma de manguito envolviendo el ligamento y la

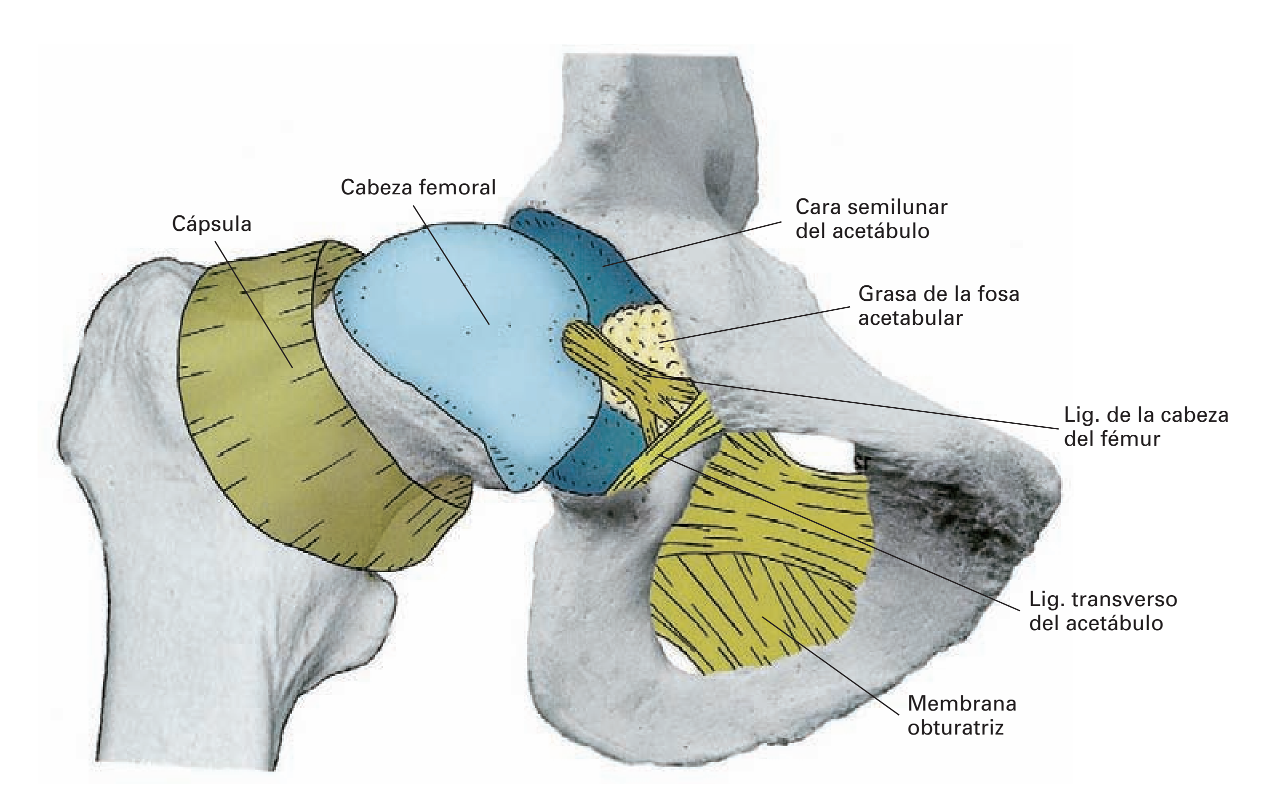


Figura 7-59. Articulación coxofemoral, visión anterior. La cápsula articular ha sido resecada en parte y las superficies articulares se han separado ligeramente.

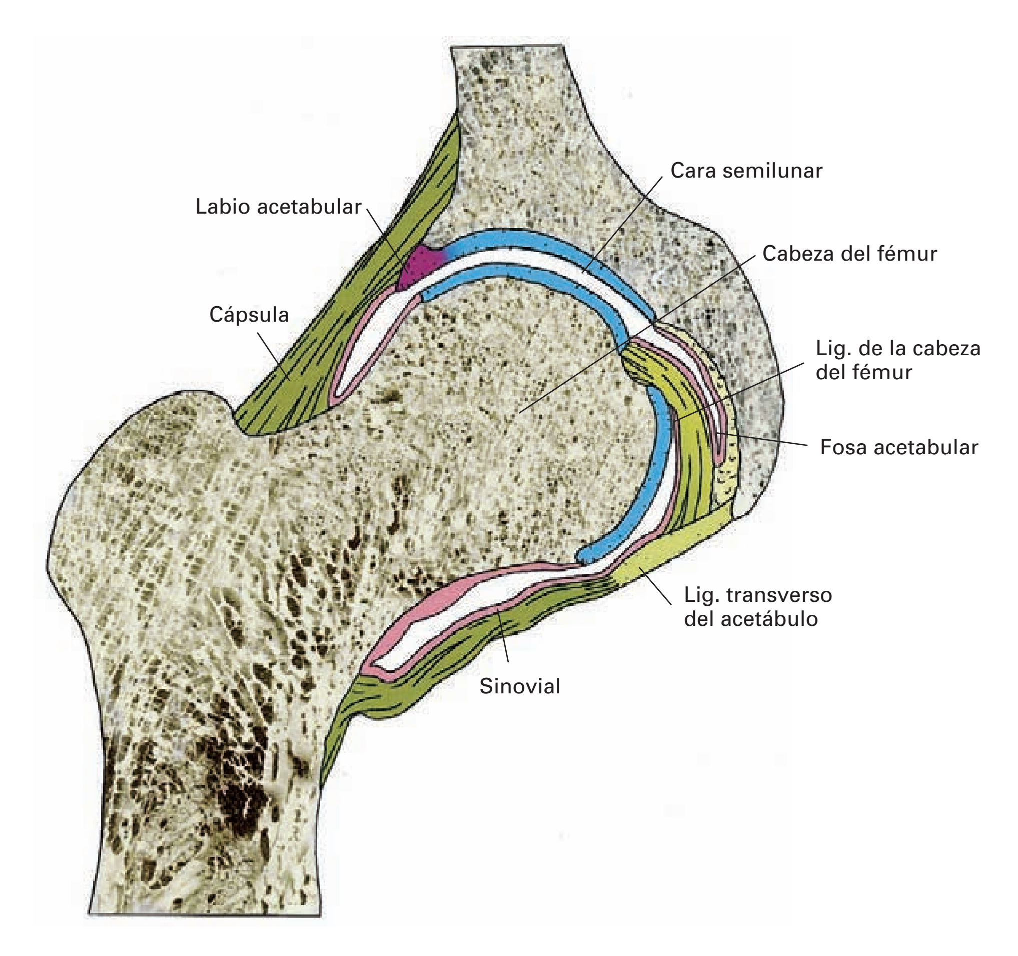


Figura 7-60. Sección coronal de la articulación coxofemoral.

grasa del fondo acetabular antes de insertarse en el contorno de la fosa de la cabeza femoral.

El significado funcional del ligamento de la cabeza femoral es incierto. Su situación en el interior de la articulación determina que pueda desempeñar un papel movilizador del líquido sinovial y actuar como amortiguador de presiones, pero no parece intervenir en el freno de los movimientos de la articulación. En algunas personas el ligamento falta, o está muy poco desarrollado, sin que se produzca déficit funcional en la articulación. De igual modo, en casos de rotura tampoco se producen alteraciones significativas de la funcionalidad articular. En las personas jóvenes el ligamento contiene en su interior una arteria para la cabeza del fémur que se oblitera en el curso de la vida. Se ha señalado que esta pérdida vascular explicaría la debilidad del fémur en los ancianos con la consiguiente propensión a sufrir fracturas.

Dinámica funcional de la cadera

Hay tres aspectos funcionales importantes en la biomecánica de la articulación de la cadera: la estabilidad, la estática y la movilidad.

Estabilidad

La estabilidad de la articulación constituye la resistencia de la articulación para evitar que se disloquen sus superficies articulares. En la cadera la estabilidad es grande y las luxaciones suelen ser debidas a grandes traumatismos. Hay tres factores responsables de la estabilidad de la articulación de la cadera: la gran congruencia de extremos óseos articulares; el desarrollo de la cápsula fibrosa y de los ligamentos; y la acción de los músculos periarticulares.

Dentro del papel de los factores óseos en la estabilidad de la cadera, es importante señalar que su desarrollo tiene periodos críticos tanto en la etapa prenatal como en la posnatal. En el período prenatal, un aspecto esencial es el desarrollo de la concavidad del acetábulo. Defectos de este proceso (*displasia del desarrollo de la cadera*), originan luxaciones de la cadera que pueden ser congénitas o, más frecuentemente, posnatales (véase después). Durante el período posnatal tiene lugar la adaptación de la forma de los huesos al bipedalismo, lo que implica cambios en la morfología ósea, que son importantes para la estabilidad de la articulación. Dentro de estos cambios se incluye la an-

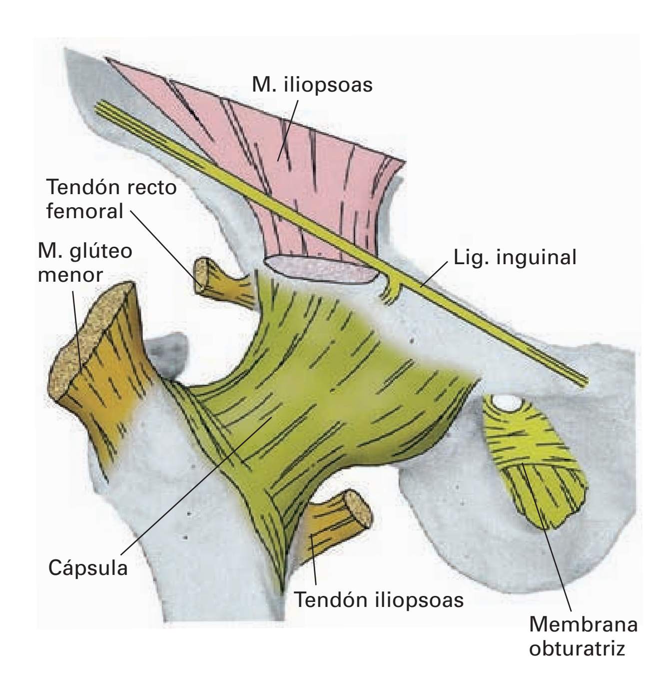


Figura 7-61. Visión anterior de la articulación coxofemoral. Los ligamentos anteriores no se han representado para resaltar la cápsula articular.

gulación del cuello del fémur respecto a la diáfisis (ángulo de inclinación) y la reducción del desplazamiento ventral del plano del cuello femoral respecto al plano frontal del resto del fémur (ángulo de anteversión). En las personas en los que por causas patológicas estos cambios no se realizan de forma adecuada y mantienen un ángulo de inclinación más amplio (*coxa valga*) y una anteversión superior a la normal, las luxaciones de la articulación son más frecuentes. Se considera que valores del ángulo de inclinación superiores a los 130° y del ángulo de anteversión mayores de 15° implican un compromiso en la estabilidad de la articulación de la cadera.

Los músculos periarticulares desempeñan un papel importante en la estabilidad de la articulación. Los músculos cuyas fibras siguen un trayecto paralelo al cuello del fémur (iliopsoas, glúteo mediano, pectíneo, obturadores externo e interno, cuadrado crural y piriforme) son estabilizadores de la articulación. Por el contrario, la contracción de los músculos que poseen fibras paralelas a la diáfisis femoral tienden a producir luxaciones de la articulación.

Luxación congénita de cadera

La luxación congénita de cadera (enfermedad luxante de la cadera o displasia del desarrollo de la cadera), es una malformación articular grave muy frecuente, especialmente en niñas. Se debe a una perturbación en el desarrollo de la cadera. Si la displasia no se trata adecuadamente, la cadera se luxa de forma progresiva después del nacimiento por la acción de los músculos aproximadores. Si se diagnostica y se trata de forma precoz (primer mes de vida) se consiguen caderas clínica y anatómicamente normales.

Estática articular

Como factores responsables de la estática de la articulación describiremos los aspectos biomecánicos que mantienen a la articulación inmóvil con el fin de poder asegurar la posición erecta y la marcha bípeda.

Durante la bipedestación, en reposo, una línea perpendicular que pase por el centro de gravedad del tronco se dispone por detrás de la línea horizontal que une el centro de las cabezas femorales. Por esta razón, el tronco en posición erecta tiende a balancearse hacia atrás y se requieren mecanismos que lo impidan. Los músculos aproximadores forman una gran masa muscular que, por su peso, hace descender el centro de gravedad y, por su contracción, anclan la pelvis sobre los fémures reduciendo la fuerza de desplazamiento que actúa sobre el tronco. Además, la contracción tónica del músculo iliopsoas, que es un potente flexor, se opone al desplazamiento hacia atrás del tronco. No obstante, los primeros grados del desplazamiento del tronco se evitan por la acción de los ligamentos, especialmente del iliofemoral. Este hecho explica que la postura erecta más cómoda sea aquélla en la que el tronco está ligeramente desplazado hacia atrás, ya que la sujeción es principalmente ligamentosa, con lo que se evita la fatiga muscular. La posibilidad de que el tronco se desplace hacia delante se impide por la acción conjunta del músculo glúteo mayor y de la musculatura isquiotibial (semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral) que se mantienen en equilibrio con las fuerzas flexoras.

Durante la marcha, los mecanismos responsables de la estabilidad se complican ya que el peso corporal y la carga generada por la contracción muscular deben desplazarse en su totalidad sobre la extremidad estante, con el fin de facilitar la movilidad de la extremidad oscilante. Este efecto se consigue por la acción de los músculos glúteo mediano y glúteo menor. La acción de los glúteos mediano y menor se completa por la contracción de los músculos aproximadores de la extremidad estante, de modo que trasladan el eje de gravedad sobre esta extremidad.

La parálisis bilateral de los músculos glúteos mediano y menor interfiere de forma grave en la marcha, ya que el sujeto tiene que compensar su acción inclinando el tronco hacia la extremidad estante, lo que genera una forma de andar característica denominada «marcha de pato» (*signo de Trendelenburg*).

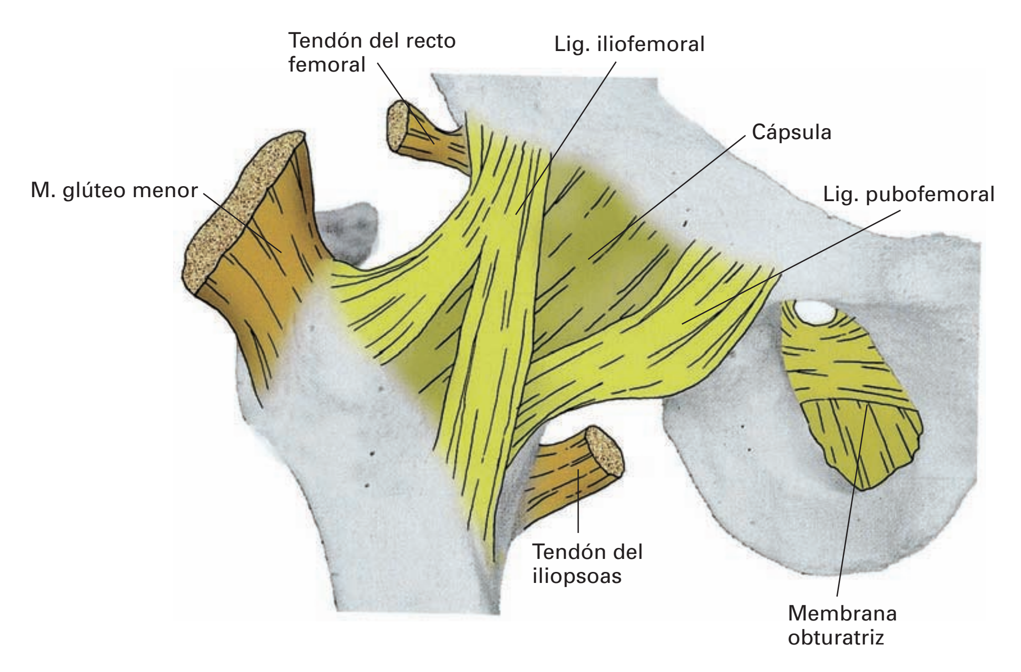


Figura 7-62. Visión anterior de la articulación coxofemoral.

Movilidad articular

La articulación de la cadera posee tres grados de libertad: flexo-extensión, separación-aproximación y rotaciones.

Flexión (Fig. 7-65)

El movimiento de flexión-extensión se realiza según un eje transversal que pasa por el centro de la cabeza femoral. Durante la flexión, la cara anterior del muslo se dirige hacia la pared abdominal. La extensión es el movimiento opuesto en el que el muslo se dirige hacia atrás.

La flexión realizada de forma activa alcanza unos 120° cuando se hace con la rodilla en flexión y de forma pasiva se puede ampliar hasta que el muslo choque con la pared abdominal (140°) ya que no existen frenos ligamentosos al movimiento. Con la rodilla en extensión los músculos is-

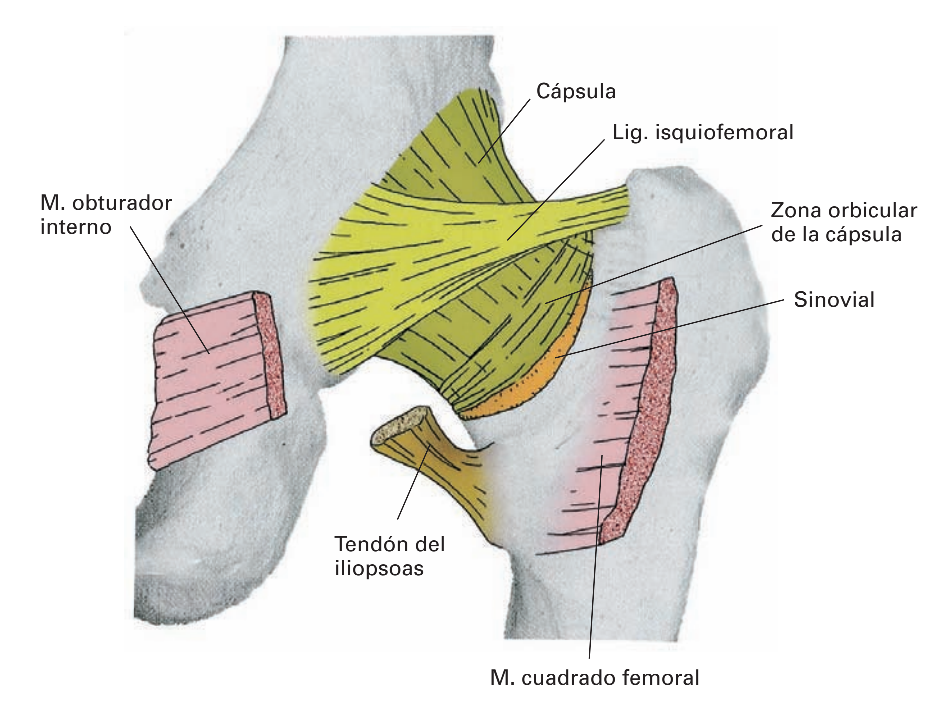


Figura 7-63. Visión posterior de la articulación coxofemoral.

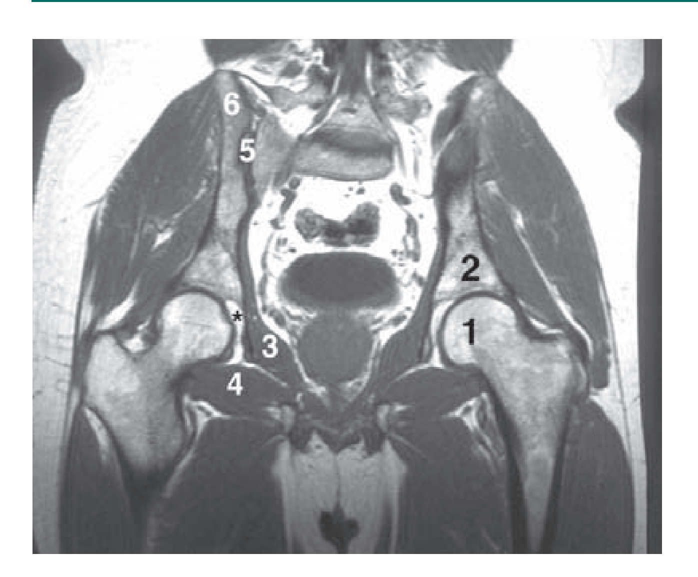


Figura 7-64. RM coronal por las articulaciones coxofemorales. 1) Cabeza femoral. 2) Acetábulo. 3) Músculo obturador interno. 4) Músculo obturador externo. 5) Articulación sacroilíaca. 6) Ílion. Fosa acetabular (asterisco).

quiotibiales se encuentran tensos e impiden un movimiento superior a los 90°.

Las fuerzas musculares de la flexión están constituidas por los **músculos ilíaco** y **psoas mayor**, el **tensor de la fascia lata**, el **sartorio**, el **recto femoral** y el **pectíneo**.

El ilíaco y el psoas mayor son motores primarios del movimiento y sólo se diferencian porque el psoas puede también mover la columna vertebral. El sartorio y el recto femoral, al ser biarticulares, participan siempre que la flexión de la cadera se acompaña de movimientos en la rodilla. El sartorio realiza flexión de la cadera y flexión de la rodilla en actividades como la que tiene lugar en la extremidad oscilante durante la marcha. El recto femoral realiza flexión de la cadera y extensión de la rodilla como ocurre al dar una patada a un balón. El pectíneo es flexor cuando el movimiento se ejecuta desde la posición erecta.

Extensión (Fig. 7-66)

La extensión es un movimiento mucho más reducido que la flexión. Adquiere un valor de unos 20° cuando se realiza con la rodilla en extensión y se reduce considerablemente si se realiza con la rodilla flexionada. El movimiento se frena por la tensión de los ligamentos intrínsecos de la

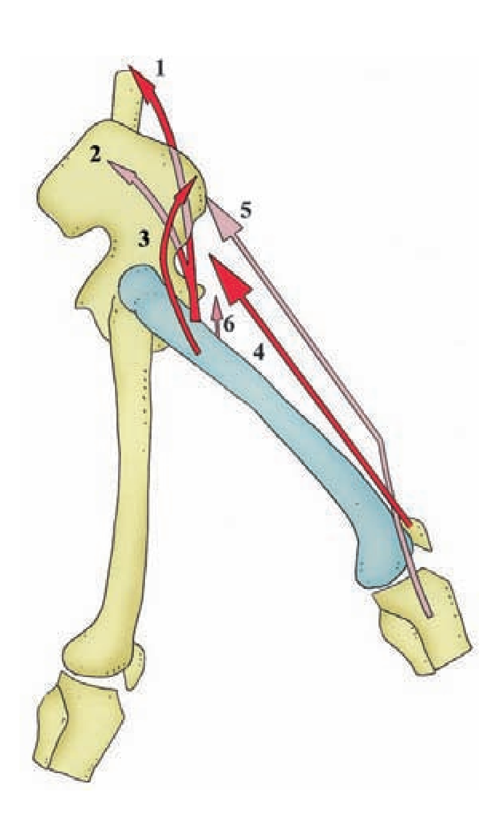


Figura 7-65. Movimiento de flexión de la articulación coxofemoral. La palanca femoral desplazada se representa en azul. Fuerzas motoras flexoras: psoas (1); ilíaco (2); tensor de la fascia lata (3); recto femoral (4); sartorio (5); pectíneo (6).

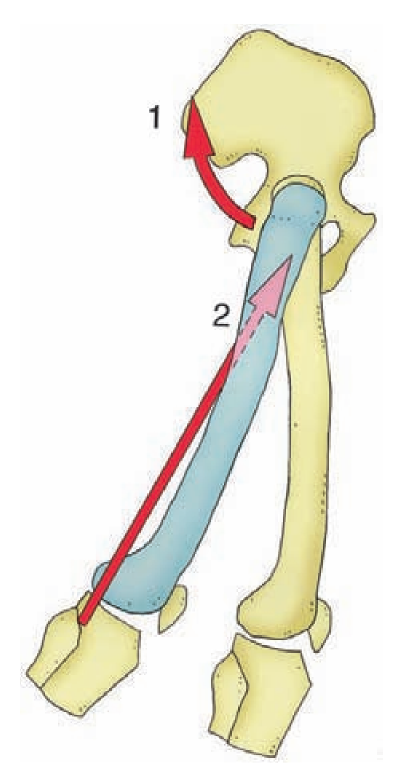


Figura 7-66. Movimiento de extensión de la articulación coxofemoral. La palanca femoral deplazada se representa en azul. Fuerzas motoras extensoras: glúteo mayor (1); músculos isquiotibiales (2).

articulación, especialmente por el iliofemoral y, en menor medida, por el isquiofemoral.

Las fuerzas motoras de la extensión están constituidas por el músculo **glúteo mayor** y por la **musculatura isquiotibial**, que comprende el semitendinoso, el semimembranoso y el bíceps femoral. Además, el **fascículo condíleo del aproximador mayor** también puede contribuir al movimiento.

El glúteo mayor es un potente extensor, pero interviene principalmente cuando el movimiento se inicia desde una posición de flexión (subir escaleras, correr, escalar).

La musculatura isquiotibial sufre con gran frecuencia desgarros al practicar diferentes deportes cuando no se han realizado ejercicios de calentamiento adecuados. Esto ocurre especialmente en los atletas de carreras de velocidad. La lesión tiene lugar en los primeros metros de la carrera como consecuencia de la postura inclinada que adoptan los atletas para iniciar la carrera. En esta posición, los músculos isquiotibiales están sometidos a un esfuerzo máximo, ya que tienen que realizar al mismo tiempo la flexión de la rodilla de la pierna que avanza, la extensión subsiguiente de la pierna una vez que ha sido apoyada en el suelo y la sujeción del tronco inclinado hacia delante.

Separación (abducción; Fig. 7-67)

El movimiento de separación-aproximación se produce según un eje antero-posterior que pasa por el centro de la cabeza femoral.

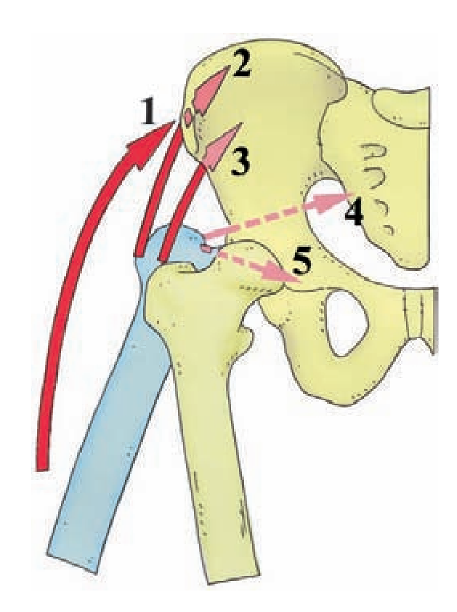


Figura 7-67. Movimiento de separación de la articulación coxofemoral. La palanca femoral deplazada se representa en azul. Fuerzas motoras separadoras: tensor de la fascia lata (1); glúteo medio (2); glúteo menor (3); piramidal (4); obturador interno (5).

En la separación, el miembro se desplaza hacia el plano lateral y posee una amplitud de unos 40°. Si la cadera está flexionada, la separación se puede ampliar considerablemente porque los ligamentos de la articulación se mantienen más relajados. Este hecho lo aprovechan los atletas para, inclinando la pelvis hacia delante, separar completamente las extremidades. El movimiento, como puede deducirse de lo anterior, se frena por los ligamentos intrínsicos de la articulación, especialmente el ligamento iliofemoral.

Las fuerzas motoras de la separación están constituidas por los músculos **glúteo mayor** (sólo las fibras más superiores), **glúteo mediano**, **glúteo menor** y **tensor de la fascia lata**, que reciben la ayuda en algunas posiciones de **sartorio**, **piramidal**, **obturador interno**, **gemelos** y **cuadrado femoral**.

Los músculos glúteo mediano y menor, como ya se ha descrito a propósito de la estática articular, desempeñan un papel esencial en la marcha para desplazar el peso del cuerpo hacia la extremidad estante con el fin de permitir el movimiento en la extremidad oscilante. Los músculos piramidal, obturador interno/gemelos y cuadrado femoral intervienen principalmente cuando la separación se hace en flexión, por ejemplo, al cambiarnos de asiento sin levantarnos.

Aproximación (aducción; Fig. 7-68)

El movimiento de aproximación se origina a partir de posiciones de separación, ya que de lo contrario el movimiento se impide por el choque con la extremidad contralateral, salvo que la aproximación tenga lugar desde una posición de flexión, como ocurre al sentarse con las piernas cruzadas. También puede realizarse la aproximación sin desplazamiento, como ocurre al montar a caballo para sujetarse sobre la silla. El movimiento se frena por la tensión de las fibras laterales del ligamento iliofemoral.

Las fuerzas motoras de la aproximación son los músculos **aproximadores mayor**, **menor** y **largo**, el **pectíneo** y el **recto interno**.

La acción de los músculos aproximadores es especialmente importante cuando la cadera está en posición neutra.

Rotación lateral (Fig. 7-69C)

Los movimientos de rotación tienen lugar según un eje longitudinal que pasa por el centro de la cabeza femoral. En la rotación lateral (externa), la cara anterior del muslo se desplaza hacia el plano lateral, y lo opuesto ocurre en la rotación interna. La rotación externa tiene una amplitud de unos 50-60° (en la «posición de loto» del yoga se alcanzan los 90°).

Las fuerzas rotadoras externas están constituidas por los músculos que pasan por detrás del eje de movimiento e incluyen **cuadrado femoral**, **obturador interno y gemelos**,

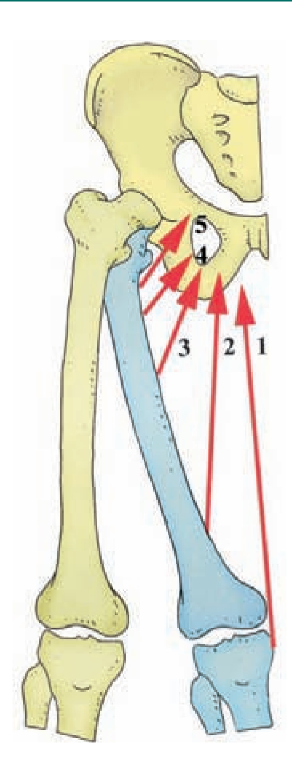


Figura 7-68. Movimiento de aproximación de la articulación coxofemoral. La palanca femoral desplazada se representa en azul. Fuerzas motoras aproximadoras: grácil (1); aproximador mayor (2); aproximador largo (3); aproximador corto (4); pectíneo (5).

obturador externo, y **glúteo mayor**, que reciben la ayuda en algunas posiciones del **piramidal** (sólo con la cadera en extensión), **sartorio** (cuando se acompaña de flexión de la rodilla) y **bíceps femoral** (sólo en posición de semiflexión).

Rotación medial (Fig. 7-69A)

En la rotación medial (interna) la cara anterior del muslo se desplaza medialmente y tiene una amplitud unos 35°. Se frena principalmente por la tensión del ligamento isquiofemoral.

Las fuerzas motoras de la rotación interna son los músculos que pasan por delante del eje de movimiento e incluyen **tensor de la fascia lata**, **glúteo menor** (fibras anteriores), **glúteo mediano** (fibras anteriores), que reciben la ayuda de los **aproximadores mayor** y **largo** cuando se parte de una rotación externa, aunque este papel es controvertido, y por el **grácil** cuando la rodilla está en semiflexión.

> **Prótesis de cadera**
>
> Las cargas a las que está sometida la articulación de la cadera determinan que los procesos degenerativos de esta articulación (artrosis) sean una afección frecuente en las personas mayores. Desde hace años se emplean con éxito prótesis artificiales de cadera para sustituir articulaciones degeneradas o articulaciones con lesiones traumáticas muy graves. Las prótesis constan de una pieza metálica con la que se sustituye la cabeza y el cuello del fémur y un acetábulo de material plástico con el que se sustituye el acetábulo degenerado.

Exploración clínica de la cadera

La articulación de la cadera ocupa una posición muy profunda, lo que complica su exploración física. Existen numerosas referencias tanto de superficie como radiológicas para detectar anomalías articulares y, en muchas

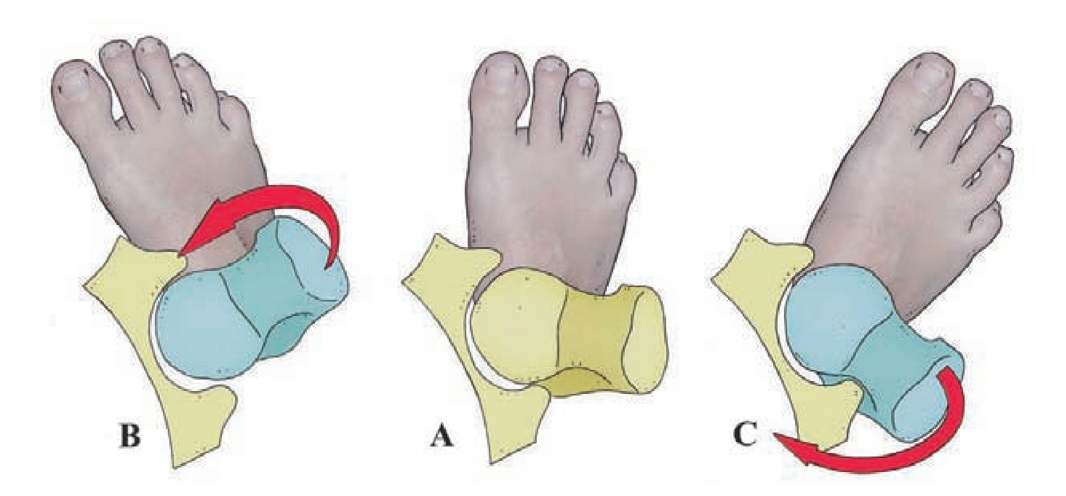


Figura 7-69. Movimiento de rotación de la articulación coxofemoral. A) Visión superior de la articulación en reposo con el pie proyectado sobre ella. B) Movimiento de rotación interna en el que el pie es arratrado hacia el plano medio. C) Movimiento de rotación externa en el que el pie es arrastrado hacia el plano lateral. Fuerzas motoras rotadoras internas: tensor de la fascia lata, glúteo menor (fibras anteriores), glúteo mediano (fibras anteriores). Fuerzas motoras rotadoras externas: cuadrado femoral, obturador interno y gemelos, obturador externo y glúteo mayor.

ocasiones, la posición que adopta la pierna lesionada es un indicativo importante del tipo de lesión que se ha producido.

En radiografías anteroposteriores de la cadera es importante señalar que el borde inferior del cuello femoral y el contorno superior del agujero obturador (arco cervico-obturador) describen un arco de contorno uniforme que se deforma intensamente en fracturas y luxaciones del fémur (Fig. 7-57).

En los accidentes de coche con golpe frontal son frecuentes tanto las fracturas del fémur como las luxaciones posteriores de la cabeza femoral. En las luxaciones, la cabeza femoral se desplaza hacia la fosa ilíaca y la extremidad aparece acortada manteniendo una posición de aproximación y rotación interna. A diferencia de la luxación, en la fractura del cuello femoral, aunque la extremidad también está acortada, la cadera se dispone en rotación externa, lo que constituye casi un criterio diagnóstico.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA
(Figs. 7-70 y 7-80)

Es la mayor articulación y posiblemente la más complicada del organismo. La complejidad obedece a la doble función de la rodilla de combinar una amplia movilidad con una gran estabilidad, imprescindible para soportar el peso del cuerpo. Desde el punto de vista morfológico, es una articulación triple, troclear y bicondílea en la que contactan el fémur, la tibia y la rótula. A diferencia del humano, en los animales cuadrúpedos las tres articulaciones están independizadas entre sí, aunque puede haber comunicaciones de sus sinoviales. La disposición de la membrana sinovial en el hombre actual indica que la unión de las articulaciones está asociada a la adquisición de la bipedestación.

Superficies articulares (Figs. 7-70 a 7-75)

La extremidad inferior del fémur presenta una superficie articular única revestida de cartílago articular, en la que pueden distinguirse tres partes claramente diferenciadas. La porción anterior está representada por la **superficie rotuliana** (*tróclea femoral*), en la que se aprecian dos vertientes laterales separadas por un surco medio, una medial pequeña y una lateral mayor, que se acoplan a la superficie articular de la rótula. En sentido posterior, cada vertiente de la superficie rotuliana se continúa con una **superficie condílea,** que se aplica sobre el cóndilo tibial correspondiente. Las superficies condíleas se separan una de otra por una profunda **escotadura intercondílea**. La zona de tránsito entre la superficie rotuliana y las áreas condíleas está marcada por sendas depresiones del cartílago articular, las

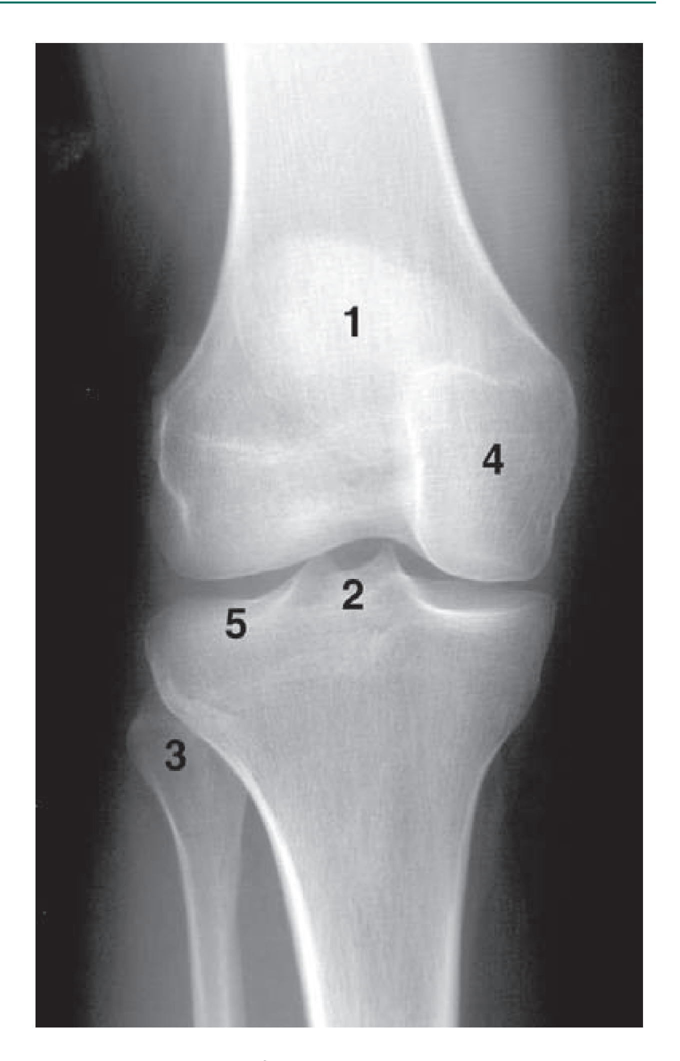


Figura 7-70. Radiografía anteroposterior de rodilla. 1) Rótula; 2) eminencia intercondílea; 3) cabeza del peroné; 4) cóndilo interno; 5) superficie articular condílea lateral de la tibia.

ranuras condilotrocleares. Las superficies condíleas presentan una serie de rasgos morfológicos que son importantes en la biomecánica de la articulación: 1) cada superficie condílea describe una curva espiral cuyo radio de curvatura se va reduciendo en sentido posterior; 2) la superficie condílea interna es más larga y más estrecha que la externa; y 3) los cóndilos no son exactamente paralelos entre sí ni en el plano horizontal ni en el vertical. En el plano horizontal divergen en sentido posterior, mientras que en el plano vertical lo hacen en sentido lateral «como las ruedas de un coche desvencijado».

La superficie articular de la rótula está revestida de una gruesa capa de cartílago y presenta una forma oval en la que se distinguen dos vertientes separadas por una cresta que se acoplan a la superficie rotuliana del fémur. La vertiente interna es más pequeña que la externa, pero en su borde interno puede identificarse una subfaceta (*carilla medial*) separada por un relieve vertical que en la posición de máxima flexión contacta con la superficie condílea interna del fémur.

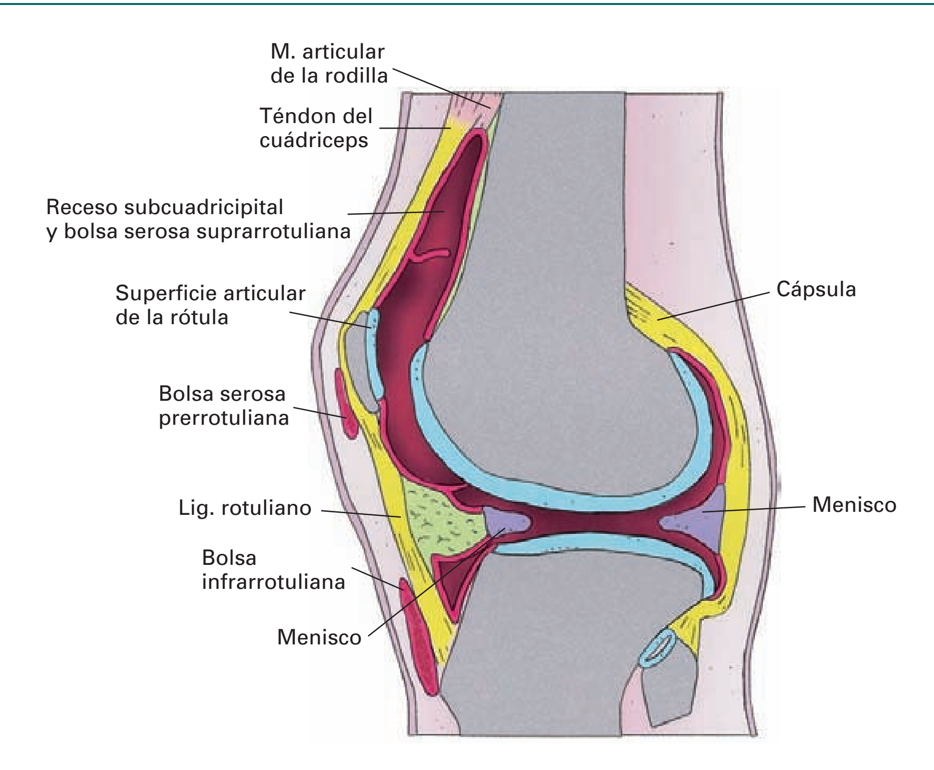


Figura 7-71. Sección sagital de la articulación de la rodilla.

El margen externo de la vertiente lateral de la superficie rotuliana del fémur forma una línea prominente que hace de tope para evitar desplazamientos laterales de la rótula. Cuando este relieve no tiene unas dimensiones adecuadas, pueden producirse luxaciones de la rótula hacia el lado externo durante la flexión.

Síndrome doloroso femororrotuliano

Es una afección muy frecuente de la articulación de la rodilla que tiene una especial incidencia en mujeres y en deportistas de ambos sexos. Entre las causas de este síndrome doloroso destaca la sobrecarga mecánica causada por alteraciones en la alineación de la rótula, que origina degeneraciones del cartílago articular.

La extremidad proximal de la tibia presenta en su cara superior las **superficies articulares condíleas** (*superficies glenoideas*), que son dos superficies ovaladas revestidas de cartílago separadas por un **espacio intercondíleo** en el que hace relieve la **eminencia intercondílea**. De las dos superficies, la interna es mas cóncava y mayor que la externa.

Meniscos[11] (Figs. 7-71, 7-73 y 7-74)

Entre las superficies articulares de la tibia y el fémur se intercalan dos meniscos articulares, uno **lateral** y otro **medial**. Los meniscos aumentan la congruencia entre las superficies articulares; amortiguan y absorben las cargas; y movilizan el líquido sinovial facilitando su función nutricia, lubricante y termorreguladora de la articulación.

Los meniscos están formados por fibrocartílago y se han denominado *fibrocartílagos semilunares* por el aspecto semilunar a modo de «C» que presentan. De los dos meniscos, el lateral tiene una forma de C mucho más cerrada que el medial.

Por sus extremos, o **cuernos**, los meniscos se unen a la tibia, en el espacio intercondíleo. El menisco lateral por su cuerno anterior se une inmediatamente por delante de la eminencia intercondílea y por su cuerno posterior por detrás de esta estructura. El medial por su cuerno anterior se inserta en el espacio intercondíleo en una posición muy anterior, próximo a la tuberosidad anterior de la tibia, y por su cuerno posterior, por detrás de la inserción del cuerno posterior del menisco lateral. Uniendo el extremo más anterior de los cuernos anteriores de ambos meniscos se dispone el **ligamento transverso de la rodilla** (*ligamento yugal*). Además, el cuerno posterior del menisco lateral emite un haz fibroso (**ligamento meniscofemoral**) que, asociándose al ligamento cruzado posterior, alcanza el cóndilo femoral interno (véase Ligamento cruzado posterior).

Cuando se seccionan perpendicularmente, cada menisco tiene un aspecto de cuña con tres caras y un borde que se dirige al centro de la articulación. La cara superior mira a la superficie articular femoral, la inferior mira a la superficie articular tibial y la cara periférica se adhiere a la cáp-

[11] Menisco procede del latín y significa media luna pequeña.

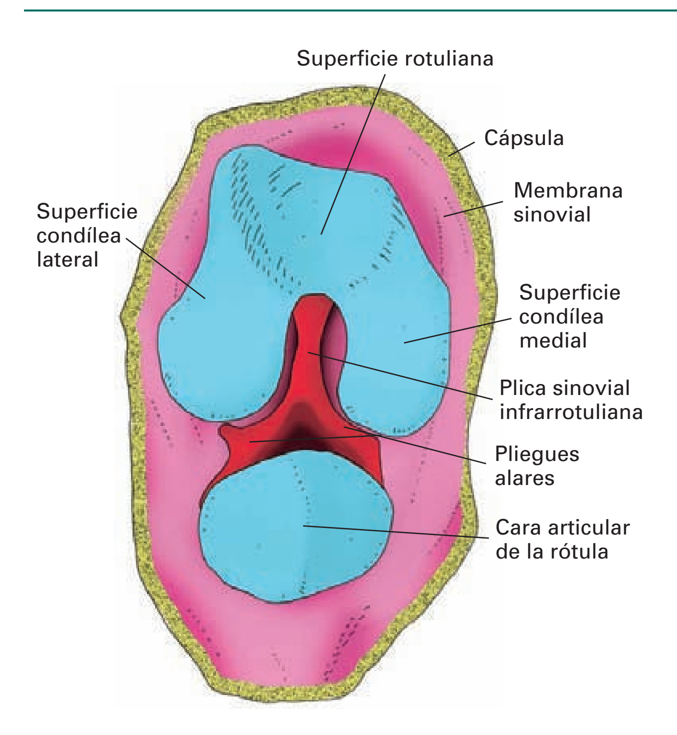


Figura 7-72. Articulación de la rodilla tras abrir por delante la cápsula articular. La rótula ha sido reclinada hacia abajo y el fémur, doblado hacia atrás.

sula fibrosa articular. Esta unión es más intensa en el menisco medial que en el lateral, por lo que este último presenta mayor movilidad. En el plano posterior de la articulación, el menisco medial, a través de su unión a la cápsula fibrosa, recibe fibras del tendón del músculo semimembranoso. El menisco lateral recibe la inserción de algunas fibras del músculo poplíteo cuando éste cruza la cara posterior de la articulación. Como se describirá en la biomecánica articular, estas uniones contribuyen a mover los meniscos durante los movimientos de flexo-extensión de la rodilla.

En el feto y en el recién nacido, los meniscos poseen vasos sanguíneos procedentes de las arterias articulares de la rodilla, pero en el adulto la vascularización queda restringida solamente a la parte más periférica del menisco y el resto se nutre a partir del líquido sinovial.

Rotura de menisco

Los meniscos se lesionan frecuentemente en la práctica deportiva, sobre todo como consecuencia de rotaciones realizadas con la pierna en semiflexión. La lesión del menisco medial es la más frecuente, ya que este menisco está más adherido a la cápsula fibrosa especialmente a nivel del ligamento colateral tibial de la articulación y se adapta peor a los movimientos que debe realizar (véase Mecánica articular).

Las roturas pueden ser secciones transversales, desgarros longitudinales o desprendimientos de la cápsula fibrosa. Al ser estructuras principalmente avasculares, las heridas del menisco no suelen cicatrizar y requieren una reparación quirúrgica o la extirpación de la zona lesionada (*meniscectomía parcial*), o incluso de todo el menisco (*meniscectomía total*), ya que los fragmentos permanecen en el interior de la articulación causando dolor y obstaculizando de forma intermitente los desplazamientos de las superficies articulares.

La extirpación completa de un menisco no impide la movilidad ni la estabilidad de la rodilla, pero hace al cartílago articular muy sensible a lesiones degenerativas. Se están desarrollando diferentes técnicas quirúrgicas para sustituir los meniscos que requieren ser extirpados. El método más empleado es la utilización de pliegues de la sinovial, ya que los materiales artificiales han resultado poco adecuados.

Con el tiempo, los meniscos extirpados pueden regenerarse total o parcialmente a partir del tejido fibrovascular de la zona de unión a la cápsula.

Cápsula articular (Figs. 7-71 y 7-73)

La **cápsula fibrosa** de la articulación de la rodilla es realmente una estructura incompleta que se sustituye en gran medida por los tendones periarticulares. No obstante, desde el punto de vista pedagógico conviene considerarla como un manguito fibroso cuya pared posterior se pliega profundamente hacia el plano anterior.

Por el contorno superior del manguito se une al fémur de acuerdo al siguiente patrón: por delante se inserta en la fosa supratroclear algo alejada de la superficie articular rotuliana; a los lados se inserta por debajo de los epicóndilos; y por detrás se inserta primero, ligeramente alejada del contorno posterior de los cóndilos, y, luego, se introduce en la escotadura intercondílea donde se une a los márgenes de la superficie articular y se fusiona con los ligamentos cruzados (véase más adelante).

En la tibia se inserta próxima al revestimiento de cartílago articular. Por delante se une a la parte más anterior del espacio intercondíleo, a los lados sigue el contorno de los cóndilos tibiales y por detrás se introduce por el espacio intercondíleo uniéndose a los márgenes del ligamento cruzado posterior.

En el plano anterior, la rótula queda engastada en la cápsula fibrosa «como el vidrio de un reloj». En las proximidades de la inserción tibial la cápsula fibrosa está unida a la base de los meniscos articulares.

La **membrana sinovial** es la más extensa de todo el organismo. Tapiza toda la cara interna de la cápsula fibrosa, aunque no siempre está adherida a ella ya que existen pelotones adiposos que se interponen entre la cápsula fibrosa y la sinovial. Otro aspecto importante es que, como consecuencia de la presencia de meniscos que carecen de revestimiento sinovial, la membrana sinovial de la rodilla queda parcialmente dividida en dos sectores, el suprameniscal y el inframeniscal. Además, también está interrumpida a nivel del contorno de la superficie articular de la rótula que

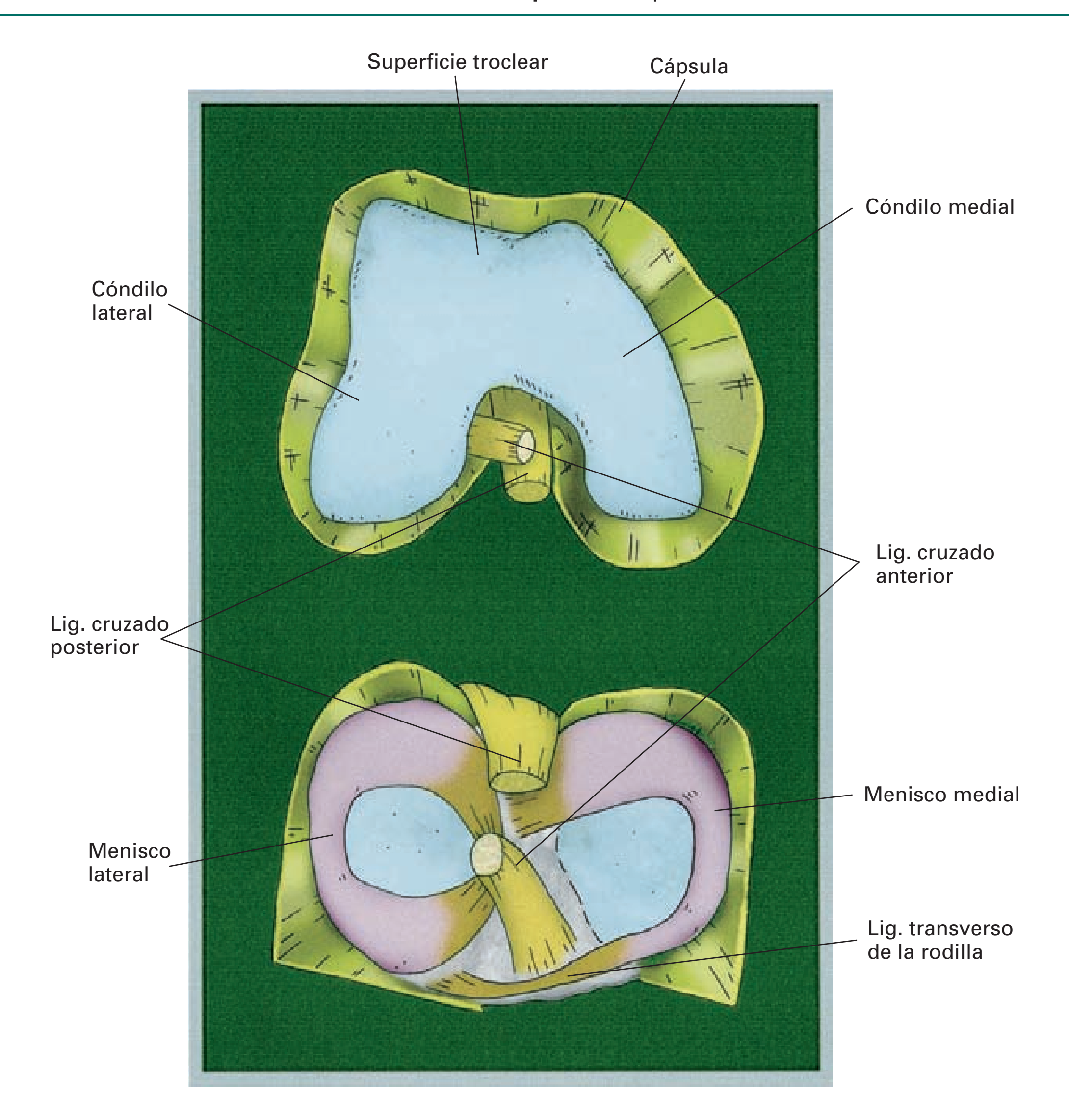


Figura 7-73. Articulación de la rodilla abierta para mostrar la disposición de los meniscos y ligamentos cruzados en relación con la cápsula y las superficies articulares. Los extremos óseos han sido reclinados.

queda engastada en la sinovial de igual modo que en la cápsula fibrosa. Finalmente, los músculos periarticulares poseen bolsas sinoviales asociadas a sus tendones y con alguna frecuencia pueden establecer comunicación con la sinovial de la rodilla a través de discontinuidades de la cápsula fibrosa.

En el fémur, la sinovial se une al contorno de la superficie articular y reviste toda la superficie ósea dispuesta en el interior de la articulación antes de alcanzar la cápsula fibrosa. Como la cápsula fibrosa en el plano anterior se inserta alejada de la superficie articular, se forma a este nivel un prominente fondo de saco, el **receso subcuadricipital**. Con gran frecuencia, este fondo de saco está en comunicación con la **bolsa serosa suprarrotuliana** (*subcuadricipital*) que está asociada al tendón del cuádriceps.

Algunas fibras procedentes del músculo vasto medial del cuádriceps, que se describen con el nombre de **músculo articular de la rodilla**, se insertan en la bolsa suprarrotuliana y parece que la tensan para evitar que sea pinzada entre las superficies articulares durante la extensión de la rodilla

En la parte anterior de la articulación, inmediatamente por debajo de la rótula, se dispone uno de los cúmulos de grasa, el **cuerpo adiposo infrarrotuliano**. Este cúmulo de grasa determina que la membrana sinovial se aleje de la cápsula fibrosa formando un amplio repliegue hacia el interior de la articulación. En este pliegue se pueden distinguir unas zonas laterales poco acentuadas, denominadas **pliegues alares**, y una zona media, mucho más acentuada, denominada **plica sinovial infrarrotuliana** (*ligamento adiposo*), que puede llegar a unirse a la sinovial a nivel de la escotadura intercondílea formando un tabique medio en la cavidad articular.

En la parte posteroexterna, la sinovial suele emitir un pequeño divertículo a través de una discontinuidad de la

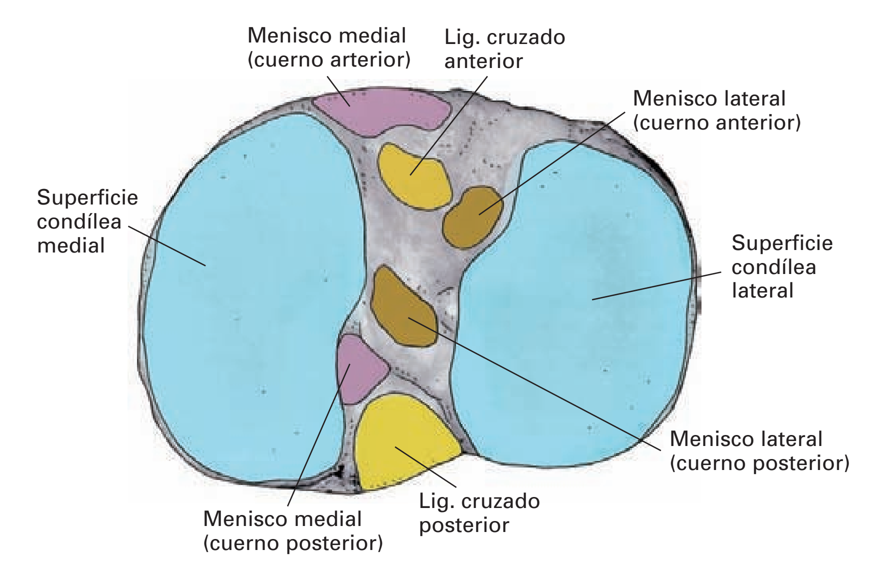


Figura 7-74. Superficie superior de la extremidad superior de la tibia que muestra las inserciones de los meniscos y ligamentos cruzados.

cápsula fibrosa (**receso subpoplíteo**) que puede establecer comunicación con la sinovial de la articulación tibioperonea.

En el resto de la articulación la disposición de la sinovial sigue el patrón general descrito al comienzo de este apartado, teniendo en cuenta que existen otros cúmulos de grasa intercalados entre la sinovial y la fibrosa que puede apreciarse en artroscopias.

Pelotones adiposos de la rodilla

Los cúmulos adiposos de la rodilla hacen de cojinetes que se proyectan hacia el interior de la cavidad articular cuando la rodilla está flexionada y hacia el exterior de la articulación cuando está extendida. De esta manera se compensan los cambios de volumen de la articulación durante los movimientos de la rodilla.

Con alguna frecuencia, los pelotones adiposos pueden ser pinzados entre las superficies óseas originando inflamaciones dolorosas que pueden requerir la extirpación de la grasa por medio de artroscopia.

Bolsas serosas periarticulares (Figs. 7-71 y 7-80)

Dentro de las bolsas serosas asociadas a los músculos y tendones periarticulares se incluyen, además de la **bolsa suprarrotuliana** (descrita antes), las **bolsas subtendinosas de los músculos gastrocnemios**, de las cuales la del lado medial puede comunicar con la articulación; las **bolsas prerrotulianas subcutánea y subfascial** que se disponen por delante de la rótula bajo la piel y bajo la fascia



Figura 7-75. Reconstrucción digitalizada de la rodilla y de sus cartílagos articulares a partir de imágenes de resonancia magnética. (Cortesía del Dr. Felix Eckstein.)

respectivamente; la **bolsa infrarrotuliana profunda** que se dispone bajo el cuerpo adiposo infrarrotuliano por detrás del ligamento rotuliano; y la **bolsa anserina** asociada a las inserciones del semitendinoso, sartorio y grácil.

Las bolsas periarticulares se inflaman y se dilatan (*bursitis*) cuando están sometidas a rozamientos frecuentes. La denominada «*rodilla de beata*» es una bursitis de la bolsa prerrotuliana subcutánea que aparece en las personas que se mantienen con frecuencia «de rodillas».

Ligamentos (Figs. 7-73, 7-74 y 7-76 a 7-80)

Los refuerzos ligamentosos de la articulación de la rodilla desempeñan un papel fundamental en la estabilidad limitando los movimientos de la articulación. Dentro de estos refuerzos se incluyen tendones y expansiones de tendones de los músculos vecinos; refuerzos intrínsecos de la cápsula fibrosa; refuerzos extracapsulares; y refuerzos intracapsulares. Para su descripción seguiremos un orden topográfico de acuerdo con su posición en la articulación.

Anteriores (Figs. 7-76 y 7-77)

Los refuerzos anteriores de la articulación incluyen engrosamientos de la propia cápsula fibrosa que tienen poca importancia; refuerzos ligamentosos dependientes del tendón del músculo cuádriceps, que son los más importantes; y refuerzos muy superficiales procedentes de la fascia femoral.

En la cápsula fibrosa se describen unos ligeros engrosamientos que del margen lateral de la rótula van unos a la cara lateral de los cóndilos femorales (*aletas rotulianas*) y otros a la zona de unión de la los meniscos a la cápsula fibrosa (*ligamentos menisco-rotulianos*)

Los refuerzos dependientes de la inserción del cuádriceps son los más importantes y se disponen más superficialmente que los anteriores. Hay que tener en cuenta que la rótula es un hueso sesamoideo desarrollado en el tendón del cuádriceps. Por encima de la rótula se disponen las fibras del **tendón del cuádriceps** que, procedentes del recto femoral y de los músculos vastos, se insertan en el borde superior de la rótula. La cápsula articular es muy fina en esta región suprarrotuliana y, está adherida a la cara profunda del tendón del cuádriceps o falta y es sustituida por el tendón. Por debajo de la rótula se dispone el **ligamento rotuliano**, formado por las fibras distales del tendón del cuádriceps que se extienden desde el vértice de la rótula a la tuberosidad de la tibia. A los lados de la rótula se disponen los **retináculos rotulianos medial** y **lateral**, que son, igualmente, fibras tendinosas procedentes de los músculos vastos que se insertan en el cóndilo tibial.

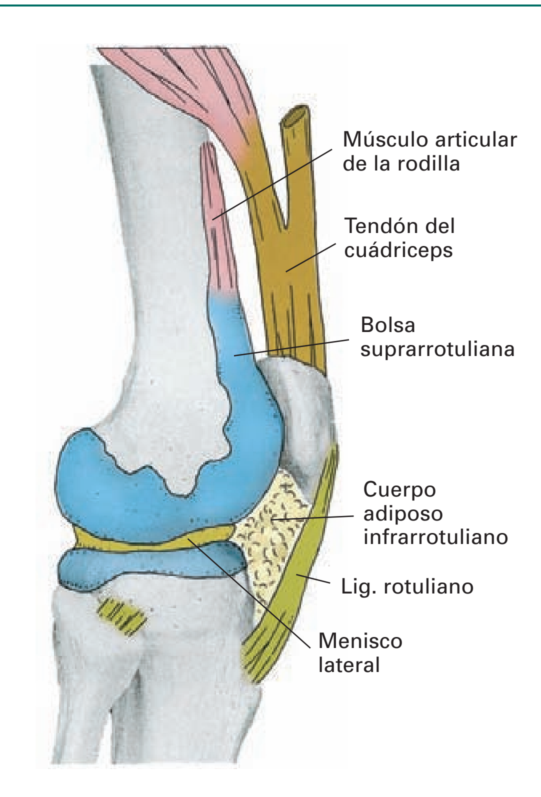


Figura 7-76. Sinovial de la articulación de la rodilla, visión lateral.

En la parte externa de la articulación la fascia lata emite una expansión hacia la rótula que contribuye al refuerzo del plano anterior de la articulación (*retináculo rotuliano superior*).

Laterales (Fig. 7-78 y 7-79)

A ambos lados de la rodilla se disponen los ligamentos colaterales que se tensan en los movimientos de extensión impidiendo que en esta posición se realicen rotaciones. El **ligamento colateral peroneo** (lateral) es un cordón fibroso que discurre separado de la cápsula fibrosa entre el epicóndilo lateral y el vértice de la extremidad superior del peroné. El **ligamento colateral tibial** (medial) es una potente banda fibrosa adosada a la cápsula que se extiende oblicuo hacia abajo y delante desde el epicóndilo medial a la cara medial de la extremidad superior de la tibia. Además, sus fibras más profundas se disponen en forma de abanico y se agotan en la zona de implantación del menisco interno en la cápsula fibrosa, lo que confiere un aspecto triangular al ligamento.

Posteriores (Figs. 7-78 a 7-80)

En el plano posterior se disponen los ligamentos poplíteos oblicuo y arqueado y los ligamentos cruzados.

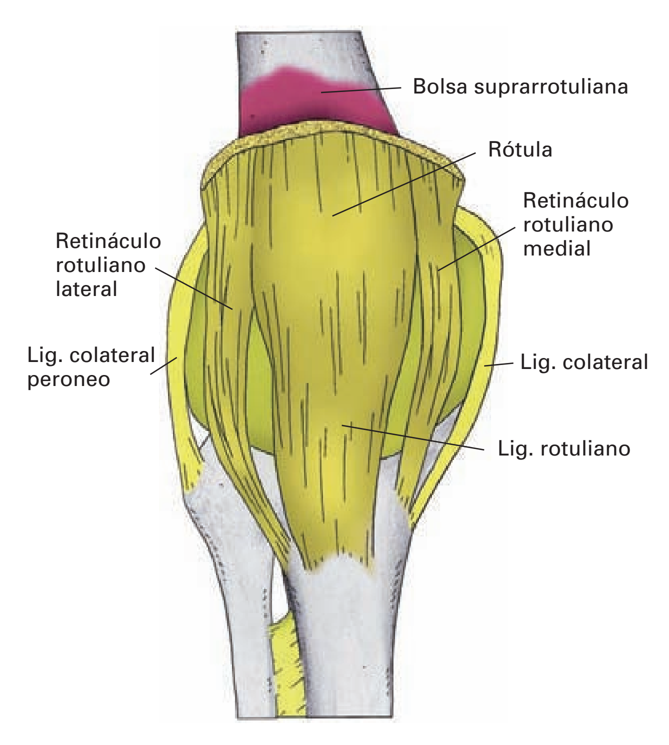


Figura 7-77. Visión anterior de la articulación de la rodilla.

El **ligamento poplíteo oblicuo** es realmente una expansión del tendón del músculo semimembranoso cuando éste cruza la rodilla por detrás del cóndilo interno. El ligamento surge del tendón del semimembranoso y se dirige hacia arriba y afuera hacia la escotadura intercondílea.

El **ligamento poplíteo arqueado** forma una arcada fibrosa por detrás del cóndilo externo del fémur. Se origina de la cabeza del peroné y se dirige hacia el plano posterior de la cápsula fibrosa. Sus fibras más internas forman un arco sobre el músculo poplíteo antes de expandirse por la hoja posterior de la cápsula fibrosa.

Los **ligamentos cruzados** son dos potentes refuerzos que se sitúan muy profundamente en la articulación, asociados al pliegue que forma la cápsula fibrosa a nivel de la escotadura intercondílea del fémur. Se extienden entre la escotadura intercondílea del fémur y el espacio intercondíleo de la tibia y reciben el nombre de anterior y posterior en función de su inserción en la tibia. Son estructuras intraarticulares que se disponen inmediatamente por detrás de la sinovial del plano posterior de la articulación, asociados a la cápsula fibrosa que se une a ellos.

El **ligamento cruzado anterior** se inserta en la parte posterior de la cara medial (axial) del cóndilo externo del

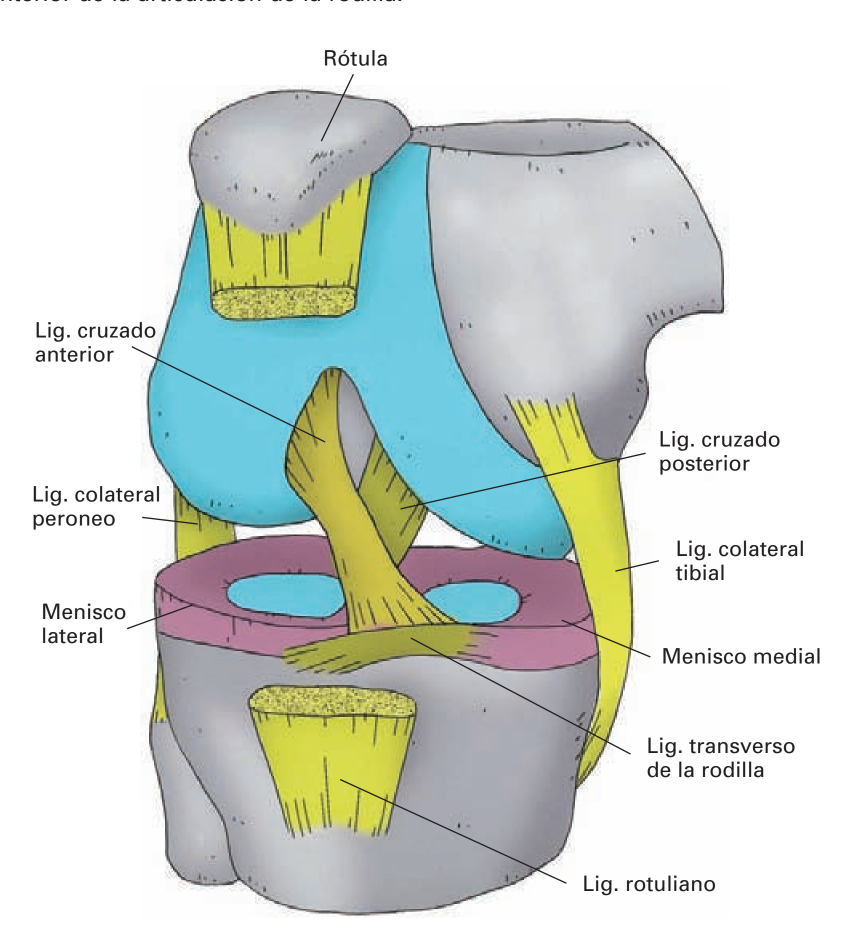


Figura 7-78. Articulación de la rodilla abierta para mostrar la disposición de los ligamentos cruzados y de los meniscos. El ligamento rotuliano ha sido seccionado y el fémur, reclinado hacia atrás.

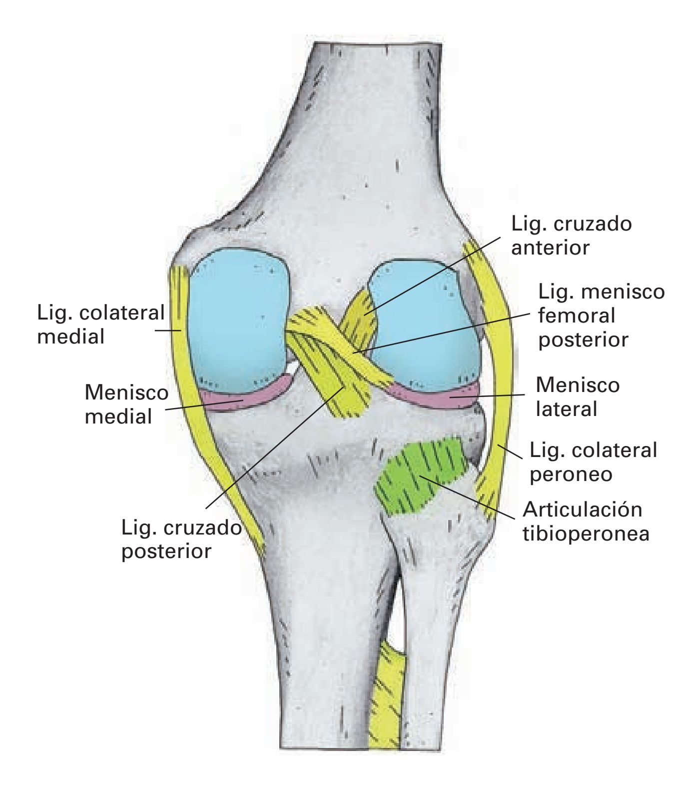


Figura 7-79. Articulación de la rodilla vista por detrás para mostrar la disposición de los ligamentos cruzados. La cápsula ha sido eliminada.

fémur. Discurre oblicuo hacia abajo, adelante y ligeramente hacia dentro para terminar en la zona anterior del espacio intercondíleo de la tibia, inmediatamente por delante de la eminencia intercondílea. Esta inserción queda prácticamente alineada con la inserción del cuerno anterior del menisco lateral y es posterior a la inserción del cuerno anterior del menisco medial.

El **ligamento cruzado posterior**, es más potente que el anterior y se inserta en la parte anterior de la cara lateral del cóndilo interno del fémur. Discurre oblicuo hacia abajo y atrás y ligeramente hacia afuera para terminar en la zona posterior del espacio intercondíleo de la tibia, por detrás de la eminencia intercondílea y de las inserciones de los cuernos posteriores de los dos meniscos.

Asociado al ligamento cruzado posterior se dispone un haz fibroso, denominado **ligamento meniscofemoral**, que se origina del cuerno posterior del menisco externo y acoplado a la superficie del ligamento cruzado se inserta junto a él en el cóndilo interno del fémur.

Desde el punto de vista de la biomecánica articular, los ligamentos se tensan en extensión y durante la rotación interna de la tibia. Además, un aspecto funcional de importancia en medicina clínica, es que los ligamentos cruzados son prácticamente las únicas estructuras que evitan el desplazamiento hacia delante (ligamento cruzado anterior) y hacia atrás (ligamento cruzado posterior) de la tibia respecto al fémur.

> Los movimientos hacia delante y hacia atrás, se denominan «movimientos de cajón» y aparecen en la rodilla cuando hay rotura de los ligamentos cruzados. Se exploran haciendo desplazamientos pasivos de la tibia hacia delante y atrás con la rodilla en posición de flexión.

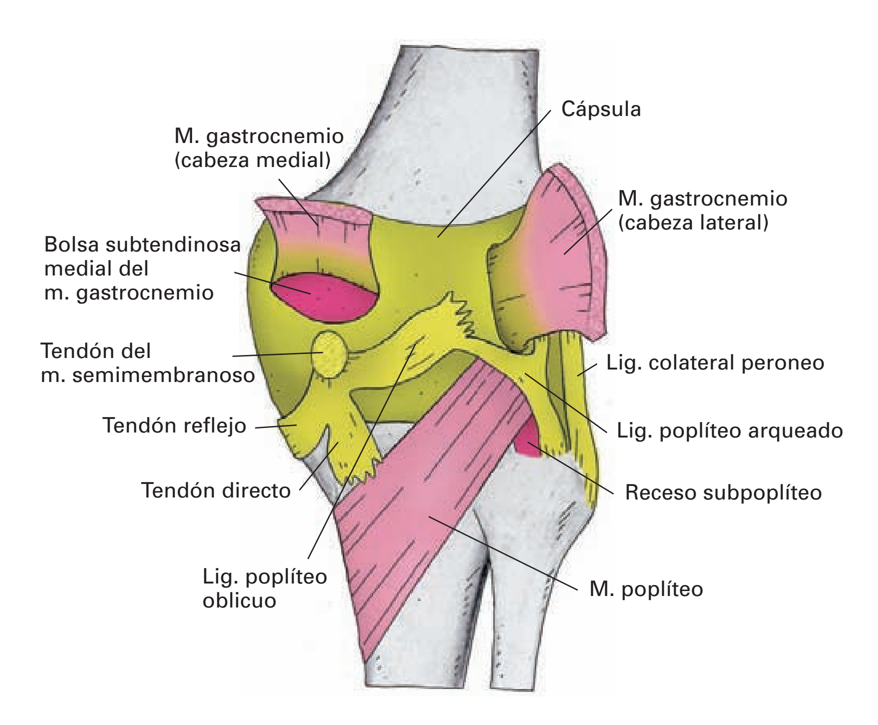


Figura 7-80. Visión posterior de la articulación de la rodilla.

Los ligamentos cruzados poseen una estructura singular con fibras colágenas y elásticas que se disponen no sólo longitudinalmente, sino también en forma espiroidea. Este hecho motiva que sean muy resistentes y puedan soportar grandes tensiones. Sin embargo, la inmovilización de la rodilla causa una disminución significativa de la capacidad de los ligamentos para resistir tensión. Por ello, las roturas de los ligamentos tienen un tratamiento complejo. La inmovilización puede facilitar la cicatrización de una pequeña rotura, pero tiene el inconveniente de debilitar a los ligamentos. De igual modo, la reparación quirúrgica de los ligamentos cruzados es habitualmente difícil. En la actualidad se emplea la sustitución quirúrgica de los ligamentos cruzados rotos por prótesis de fibra de carbono o por injertos obtenidos de los tendones de los músculos vecinos (semitendinoso, sartorio, grácil, etc.).

Dinámica funcional de la rodilla

La rodilla, como el resto de articulaciones de la extremidad inferior, desempeña el doble papel funcional de permitir la sustentación y la locomoción del cuerpo.

Estática articular

Para permitir la sustentación del cuerpo, la rodilla posee rasgos morfológicos que la mantienen en posición de cierre (máxima congruencia ósea, máxima tensión ligamentosa y mínima movilidad) durante la extensión (véase Movilidad articular). Además, diferentes ligamentos de la articulación intervienen de forma específica en la inmovilización de la rodilla. Para valorar esta función hay que tener en cuenta dos factores característicos de esta articulación: 1) que el fémur y la tibia no se disponen en el mismo eje longitudinal; y 2) que en posición erecta el eje de gravedad pasa por delante del eje de flexoextensión de la rodilla.

En condiciones normales, el eje longitudinal del fémur forma con respecto al de la tibia un ángulo abierto hacia fuera (**genu valgo**). Este hecho determina que durante la carga se produzca un componente de fuerza vertical que se transmite a la tibia y otro horizontal que es neutralizado por la tensión del ligamento colateral interno. Las variaciones del ángulo implican cambios en la forma de transmisión de la carga, y modificar el desarrollo de los ligamento colaterales.

Por otro lado, dado que en bipedestación el eje de gravedad se sitúa por delante del eje de la rodilla, el movimiento que hay que impedir para mantener inmóvil la rodilla es la hiperextensión. Entre los factores responsables de esta función hay que destacar los ligamentos colaterales, que se tensan en extensión impidiendo tanto la hiperextensión como las rotaciones, y los ligamentos cruzados, que se oponen a la hiperextensión y bloquean posibles deslizamientos de la tibia hacia delante y hacia atrás (movimientos de cajón).

En condiciones dinámicas, el papel desarrollado por los ligamentos se complementa con la acción de los músculos periarticulares. Así, la contracción tónica del músculo cuádriceps impide la flexión, el ligamento colateral lateral es reforzado por el tensor de la fascia lata y el ligamento colateral interno es asistido por el sartorio, por el semitendinoso y por el grácil.

Movilidad articular

La rodilla posee dos grados de libertad de movimientos activos, la flexoextensión y las rotaciones.

El **movimiento de flexoextensión** (Figs. 7-81 y 7-84) posee las siguientes peculiaridades que le diferencian de lo que ocurre en otras articulaciones similares.

Debido a la forma espiroidea de los cóndilos, el eje sobre el que se produce la flexoextensión no es fijo como sucede en los movimientos en bisagra, sino que se desplaza hacia abajo y hacia atrás en la flexión y en sentido opuesto en la extensión. Por este motivo, durante la flexión y la extensión, además del giro de los cóndilos se produce un desplazamiento de las superficies óseas. La superficie ósea que se desliza depende de que la extremidad esté apoyada o se mantenga oscilante. Si la extremidad está apoyada, la tibia queda inmóvil y se desplazan los cóndilos femorales. Si la extremidad no está apoyada, es la tibia la que se desliza.

El deslizamiento de las superficies articulares se acompaña en ambos casos de un desplazamiento de los meniscos. Durante la flexión los meniscos se desplazan hacia atrás y durante la extensión, hacia delante. Este desplazamiento es, en una pequeña parte, pasivo, por el empuje de los cóndilos femorales y, en gran parte, un proceso activo. Durante la flexión el menisco externo es desplazado hacia atrás por la acción del músculo poplíteo y el interno por la expansión que confiere el músculo semimembranoso a la cápsula fibrosa. En la extensión, el desplazamiento se debe a los ligamentos menisco-rotulianos.

Un hecho funcional que se deriva de la diferente curvatura de los cóndilos femorales es que, durante la extensión, la parte del fémur que contacta con la tibia es la que establece mayor contacto por ser menos curva y, por lo tanto, la que ofrece más estabilidad a la articulación.

Debido al diferente tamaño de los cóndilos femorales, los últimos grados del movimiento de extensión (30°) y los primeros de la flexión se acompañan de una rotación relativa de las superficies femorales respecto a las tibiales. Nuevamente, la superficie que rota es el fémur si la extremidad está apoyada y la tibia si la extremidad se mantiene oscilante. En la extensión, en la extremidad

en apoyo, el fémur efectúa una rotación interna. En la extremidad sin apoyo la tibia hace una rotación externa. Durante el inicio de la flexión ocurre exactamente lo contrario.

En el curso del movimiento, además de los desplazamientos de los cóndilos y de los meniscos, la rótula se desplaza verticalmente respecto a la superficie femoral, de manera que la superficie de contacto con el fémur es diferente en los diferentes grados del movimiento. Estos movimientos se facilitan por los recesos de la sinovial, especialmente del receso subcuadricipital.

> La inmovilidad de la rótula es una alteración motivada por adherencias de la sinovial secundarias a procesos inflamatorios de la rodilla y puede ser causa de «*rigidez de rodilla*».
>
> Cuando ocurren desviaciones laterales del movimiento de la rótula durante la flexoextensión causadas por anomalias de la configuración ósea o por alteraciones en la forma de tirar de los diferentes vientres del cuádriceps se producen dolores articulares intensos que pueden complicarse con luxaciones laterales de la rótula.

Movimiento de flexión (Fig. 7-83)

Durante la flexión, la cara posterior de la pierna se dirige hacia la cara posterior del muslo. Debido al cambio de momento de fuerza de la musculatura isquiotibial, la amplitud del movimiento realizado de forma activa es de 140°, si la cadera está flexionada, y de 120°, si la cadera está extendida. De forma pasiva el movimiento puede ampliarse hasta los 160°, punto en el que se frena por el choque de la pierna y el muslo.

Las *fuerzas motoras de la flexión* son el músculo **poplíteo**, que actúa como iniciador del movimiento ejecutando la rotación externa de los cóndilos femorales necesaria para desbloquear la articulación y además mueve hacia atrás al menisco externo, la **musculatura isquiotibial** (**semimembranoso, semitendinoso** y **bíceps femoral**) el **sartorio,** el **grácil** y los **gastrocnemios**.

Movimiento de extensión (Fig. 7-81 y 7-84)

El movimiento de extensión es mucho más pequeño que la flexión; en realidad, puede decirse que la extensión sólo es posible desde posiciones previas de flexión. El freno de la extensión obedece a la tensión de los ligamentos cruzados y de los colaterales y también al agotamiento funcional del músculo cuádriceps. Además, el ligamento cruzado posterior, al tensarse durante el movimiento, regula el deslizamiento que acompaña al giro de las superficies articulares (Fig 7-81). De manera similar, el ligamento cruzado anterior, al tensarse, facilita la rotación que se realiza al final del movimiento de extensión (Fig. 7-81).

Las *fuerzas motoras de la extensión* son las diferentes cabezas del **músculo cuádriceps** (recto femoral, vasto lateral, vasto medial y vasto intermedio), que actúan de forma específica en diferentes fases del movimiento, y el **tensor de la fascia lata**. La acción del tensor de la fascia lata es débil, pero en caso de parálisis del cuádriceps este músculo puede entrenarse para posibilitar la marcha.

Movimientos de rotación (Fig. 7-82 y 7-85)

Los movimientos de rotación solamente son posibles con la rodilla flexionada y se realizan según un eje vertical que pasa por la eminencia intercondílea. Este hecho determina que los movimientos de rotación se acompañen de un pequeño desplazamiento adicional hacia delante o hacia

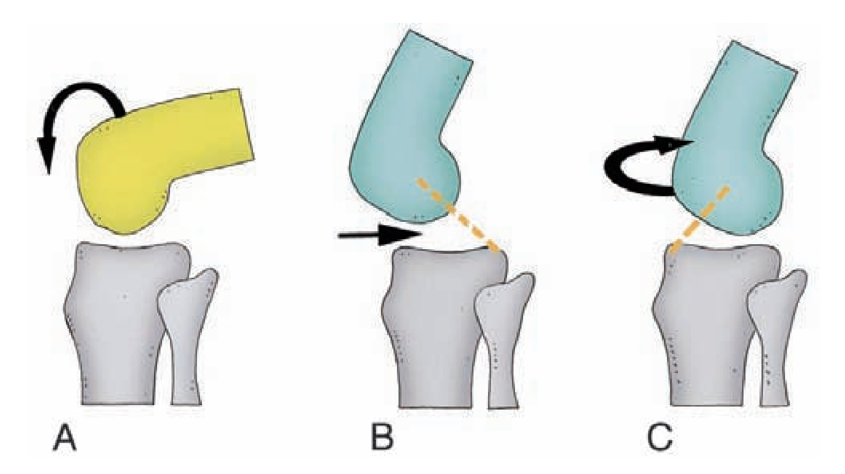


Figura 7-81. Representación esquemática del movimiento de extensión de la rodilla a partir de la posición de flexión con apoyo de la extremidad, indicando el papel desempeñado por los ligamentos cruzados. En A se resume el giro necesario del fémur a partir de la posición de reposo. En B se ilustra cómo la tensión del ligamento cruzado posterior impide que los cóndilos femorales queden desplazados por delante de la tibia. En C se ilustra cómo la tensión del ligamento cruzado anterior facilita la rotación interna final del fémur que causa el «cierre» de la articulación.

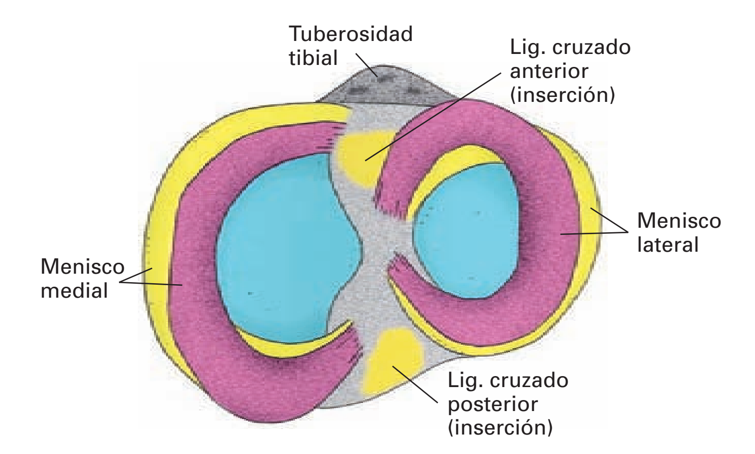


Figura 7-82. Visión superior de los meniscos para mostrar su desplazamiento durante el movimiento de rotación interna del fémur. El menisco externo se desplaza hacia delante y el menisco interno hacia atrás. Lo contrario sucede en la rotación externa. La posición inicial de los meniscos se representa en amarillo y la posición final, en violeta.

atrás de las superficies articulares y de los meniscos. El desplazamiento de los meniscos tiene lugar de forma pasiva arrastrados por los cóndilos femorales. En la rotación interna del fémur, el menisco lateral es desplazado hacia delante y el medial hacia atrás. Lo contrario sucede en la rotación externa.

Hay tres razones que explican las causa de que las rotaciones sólo sean posibles en flexión:

1. Causa ligamentosa: en extensión los ligamentos colaterales y cruzados están tensos, por lo que impiden la rotación.
2. Causa ósea: en extensión la parte de los cóndilos femorales que contacta con la tibia es la más plana.
3. Causa muscular: en extensión los músculos rotadores de la rodilla no tienen momento de fuerza ya que se disponen paralelos al eje de rotación.

En la rotación externa la pierna acompañada por el pie gira en sentido lateral y lo contrario ocurre en la rotación medial. El margen de rotación es dependiente del grado de flexión de la pierna. En una posición de flexión de 90°, la rotación externa alcanza los 40° y la interna 10°.

Fuerzas rotadoras. La rotación externa se realiza principalmente por el músculo **bíceps femoral**. La rotación in-

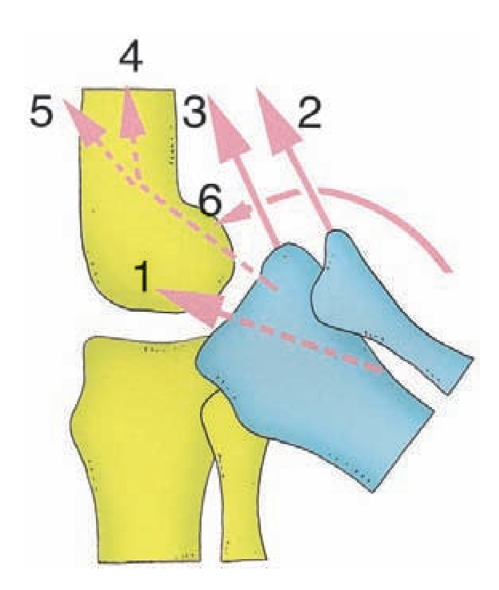


Figura 7-83. Movimiento de flexión de la rodilla con pierna sin apoyo. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras flexoras: 1) poplíteo; 2) bíceps femoral; 3) semitendinoso y semimembranoso; 4) grácil; 5) sartorio; 6) gastrocnemios.

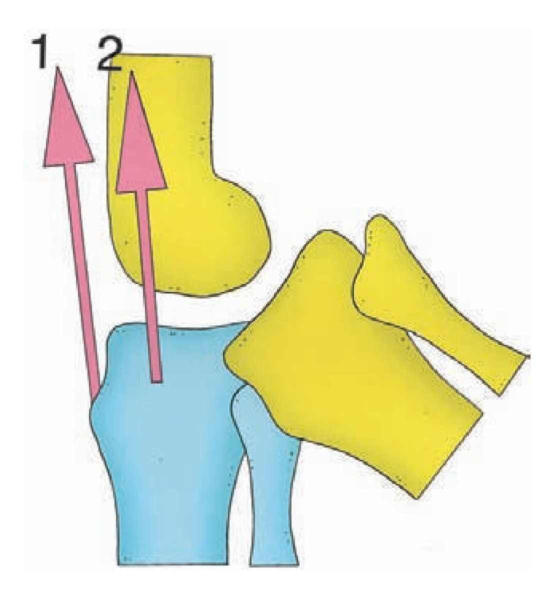


Figura 7-84. Movimiento de extensión de la rodilla con pierna sin apoyo. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras extensoras: 1) cuádriceps; 2) tensor de la fascia lata.

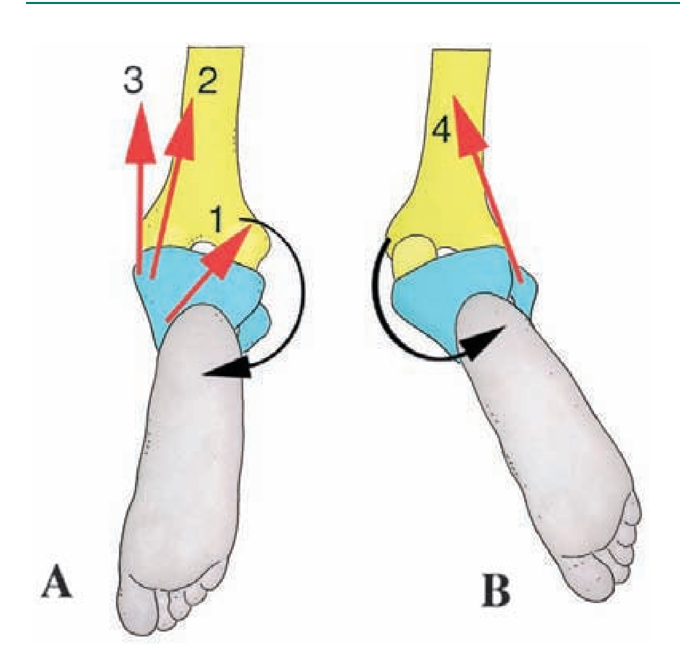


Figura 7-85. Movimientos de rotación de la rodilla ilustrados en posición de flexión articular próxima al ángulo recto en una visión posterior de la extremidad. A) Rotación interna, adviértase el desplazamiento del borde interno del pie hacia el plano medio. B) Rotación externa, nótese el desplazamiento del borde interno del pie hacia fuera. Fuerzas motoras rotadoras: 1) poplíteo; 2) semitendinoso; 3) semimembranoso; 4) bíceps femoral. No se han representado los rotadores internos grácil y sartorio.

terna se efectúa por el **poplíteo**, el **semitendinoso**, el **semimembranoso**, el **sartorio** y el **grácil**.

Exploración clínica (Fig. 7-86)

Una rodilla lesionada tiende a adoptar una posición de semiflexión (25°), que se denomina posición de defensa. En esta posición la cápsula está en máxima relajación.

Los ligamentos colaterales pueden palparse a ambos lados de la articulación (el lateral aparece como un cordón que prolonga hacia arriba la cabeza del peroné), y mediante percusión se puede explorar su laxitud. Los ligamentos cruzados se exploran tirando de la tibia hacia delante y hacia atrás con la rodilla en semiflexión (véase Ligamentos cruzados).

La acumulación anormal de líquido en la articulación (*derrame articular*) se pone de manifiesto por la presencia de un movimiento anormal de la rótula (*danza rotuliana*) al percutirla en posición de extensión y tras comprimir la articulación apretándola lateralmente en ambos lados.

Las técnicas más empleadas para estudiar la rodilla son la resonancia magnética (Fig. 7-86) y la **artroscopia**. La resonancia magnética explora la articulación en diferentes posiciones e incluso en movimiento (*resonancia magnética cinemática)* y es de especial utilidad en el diagnóstico de alteraciones en la alineación de la rótula, que con gran frecuencia causan dolores persistentes en la rodilla (*síndrome doloroso femororrotuliano*).

La artroscopia consiste en introducir un sistema óptico junto a un sistema de iluminación para observar el interior de la articulación. Mediante este abordaje se pueden desarrollar intervenciones quirúrgicas de la rodilla, tales como la extirpación de un menisco o la reparación de un ligamento cruzado sin necesidad de abrir la articulación.

Sustitución de la articulación de la rodilla

En la actualidad, las rodillas con graves lesiones degenerativas pueden ser reemplazadas por prótesis que sustituyen los cóndilos y la meseta tibial. En general, estas prótesis no permiten sustituir por completo las funciones de la rodilla y se reservan para pacientes de edad avanzada o con hábitos sedentarios.

UNIONES TIBIOPERONEAS

La tibia y el peroné, aunque son dos huesos independientes, están unidos estrechamente por medio de dos articulaciones, la proximal y la distal, y también por la membrana interósea. En los mamíferos, la presencia de dos huesos independientes en la pierna es una característica anatómica restringida a algunos primates y a los carnívoros. Funcionalmente está asociado a conferir al tobillo amplios movimientos de flexión y extensión, en combinación con inclinaciones laterales(inversión y eversión) para adaptarse, o bien a las irregularidades del terreno o a la locomoción arbórea. En otros mamíferos, la tibia y el peroné presentan un grado de fusión variable relacionado con sus hábitos de locomoción.

Articulación tibioperonea proximal

Es una articulación sinovial plana (artrodia). Se establece entre las carillas articulares presentes en la cabeza del peroné y en la cara externa de la extremidad superior de la tibia. Las dos superficies están revestidas de una capa delgada de cartílago articular y se unen por una cápsula fibrosa que se inserta en el contorno de las superficies articulares. En el plano anterior y en el posterior la cápsula se refuerza por los ligamentos anterior y posterior (**ligamentos de la cabeza del peroné**). La cara profunda de la cápsula fibrosa está revestida de sinovial, que con alguna frecuencia se continúa con la de la articulación de la rodilla a través del receso subpoplíteo (véase Articulación de la rodilla).

Desde el punto de vista funcional, la articulación permite pequeños deslizamientos que aportan flexibilidad a la unión tibioperonea durante los movimientos del tobillo.

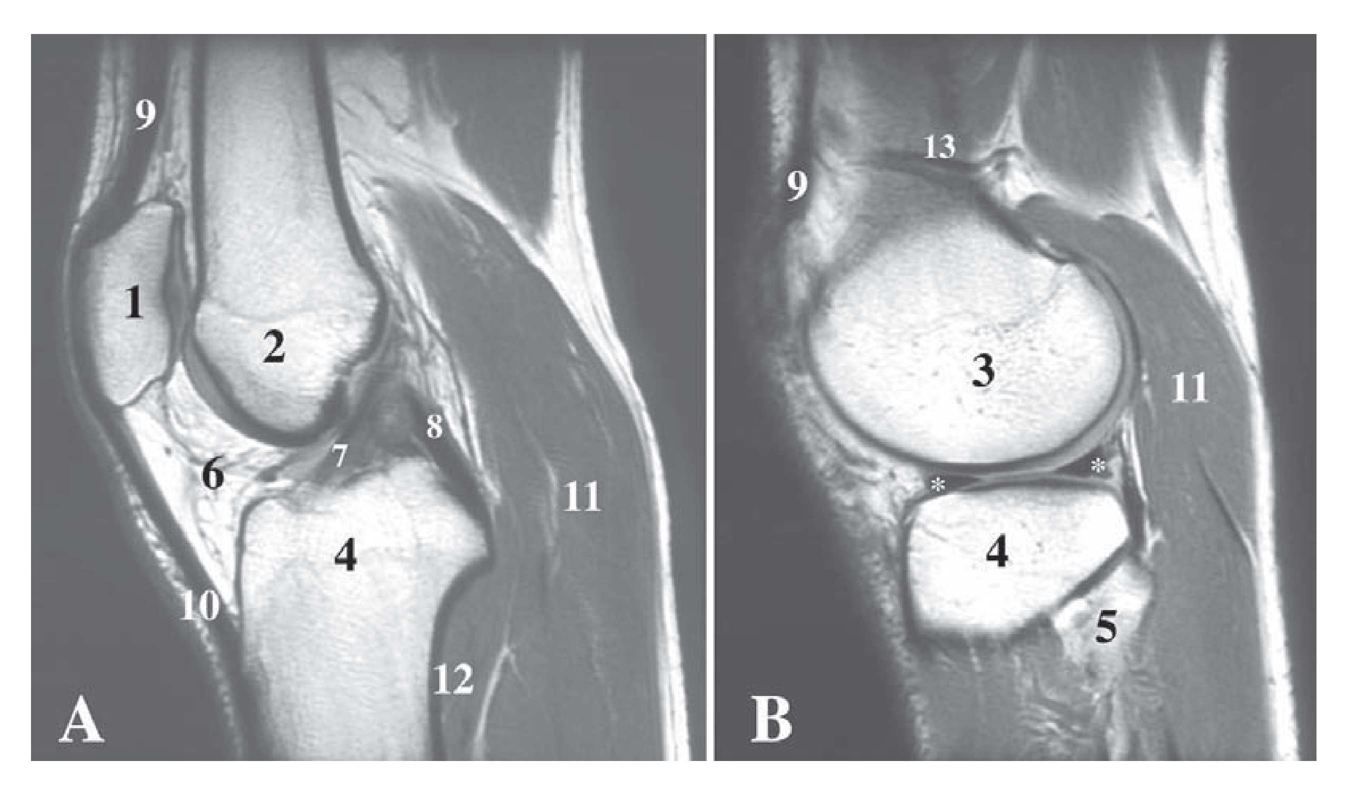


Figura 7-86. RM de la rodilla. A) Sección sagital medial; B) Sección sagital lateral. 1) rótula; 2) fémur; 3) cóndilo externo del fémur; 4) extremidad superior de la tibia; 5) cabeza del peroné; 6) cuerpo adiposo infrarrotuliano; 7) ligamento cruzado anterior; 8) ligamento cruzado posterior; 9) tendón del cuádriceps; 10) ligamento rotuliano; 11) músculo gastrocnemio; 12) músculo poplíteo; 13) arteria genicular superior lateral; asterisco: menisco lateral.

Articulación tibioperonea distal

Es una articulación del grupo de las sinartrosis (**sindesmosis tibioperonea**), en la que las superficies articulares carecen de revestimiento cartilaginoso y se unen por un potente haz fibroso (sindesmosis). El haz fibroso de unión está representado por el **ligamento interóseo** que se extiende entre el periostio de las dos superficies articulares. Además, en los contornos anterior y posterior de la unión articular se disponen unos refuerzos ligamentosos denominados **ligamentos tibioperoneo anterior** y **posterior** y el *ligamento tibioperoneal transverso.* Los ligamentos tibioperoneos anterior y posterior están orientados oblicuamente hacia abajo y hacia fuera, entre el borde anterior y posterior de la superficie articular de la tibia, respectivamente, y el maléolo lateral, sobresaliendo ligeramente respecto al extremo inferior de la superficie ósea. El ligamento tibioperoneal transverso es una banda fibrosa potente que, situada profunda respecto al ligamento tibioperoneo posterior, ocupa el espacio delimitado entre las extremidades inferiores del peroné y de la tibia. Este ligamento contribuye a formar parte de la superficie articular tibioperonea para el astrágalo (véase Tobillo).

Aunque la articulación carece de sinovial, con frecuencia, desde la articulación del tobillo se emite una prolongación de la sinovial que se insinúa entre la tibia y el peroné hasta el borde inferior del ligamento interóseo.

La articulación tibioperonea distal tiene la función de unir firmemente, y a la vez de manera elástica, las extremidades inferiores de la tibia y el peroné para formar la superficie articular del tobillo (*mortaja tibioperonea*; véase Articulación del tobillo).

Membrana interósea

La membrana interósea puede considerarse como una forma de sindesmosis que une las diáfisis de la tibia y del peroné. Es una lámina fibrosa que se extiende entre el borde interóseo de la tibia y el borde interóseo del peroné. En su extremo superior no cierra por completo el espacio entre los dos huesos, lo que determina a la formación de un orificio por donde pasan la arteria y vena tibial anterior para alcanzar la celda anterior de la pierna. Por su extremo inferior se une al borde superior del ligamento interóseo de la articulación tibioperonea distal.

La membrana interósea, además de contribuir a la unión entre la tibia y el peroné, aporta superficie de inserción a los músculos de la pierna.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO
(Figs. 7-87 a 7-91)

La articulación del tobillo (**articulación talocrural**) se establece entre el astrágalo y las extremidades inferiores de la tibia y del peroné. Es una articulación diartrodial de tipo troclear muy estable, que se comporta como una bisagra permitiendo movimientos de flexión (flexión plantar) y extensión (flexión dorsal) del pie. Aunque morfológicamente el tobillo es una única articulación, desde el punto de vista funcional forma parte de un complejo articular que establece la unión entre la pierna y el pie, el cual consta de dos grandes cámaras articulares, la supra-astragalina, que es la articulación del tobillo propiamente dicha, y la infra-astragalina, que comprende las uniones entre astrágalo, calcáneo, navicular y cuboides (articulaciones subastragalina, astrasgalocalcaneonavicular y calcaneocuboidea).

Superficies articulares (Fig. 7-87)

La superficie articular proximal está formada por la extremidad inferior de la tibia y el peroné que forman en conjunto una superficie articular en forma de pinza (*pinza tibioperonea*) donde encaja el astrágalo. La pinza articular, consta de un sector medio y dos laterales. El sector medio es el que transmite la carga hacia el astrágalo y está constituido por la cara articular inferior de la tibia, que posee dos vertientes separadas por una cresta roma que contacta con la superficie superior del astrágalo. Los sectores laterales de la superficie articular tienen una función estabilizadora y están formados por las carillas articulares de los dos maléolos que contactan con las caras laterales del astrágalo.

En la parte posterior del espacio delimitado entre el maléolo lateral (peroneo) y la superficie inferior de la tibia se dispone el *ligamento tibioperoneal transverso*. Esta estructura está revestida de cartílago y actúa como una superficie articular complementaria. La parte anterior del espacio tibioperoneal aparece como una fina hendidura en la que se insinúa una proyección de la membrana sinovial que contiene grasa (*franja sinovial*) procedente de la cápsula articular.

La superficie articular distal está representada por la cara superior y las caras laterales del astrágalo con un revestimiento continuo de cartílago. La cara superior (**tróclea astragalina**), al igual que la superficie tibial, es más ancha por delante que por detrás y tiene forma de polea con dos vertientes separadas por un surco. La superficie se adapta a la superficie tibial aunque es ligeramente más extensa en sentido anteroposterior. Las caras laterales del astrágalo poseen superficies articulares de forma triangular que contactan con las superficies articulares de los maléolos.

Cápsula articular (Fig. 7-89)

La **cápsula fibrosa** forma un manguito continuo que se extiende entre los extremos articulares. Se inserta por su extremo superior en el contorno de las superficies articulares de la tibia y peroné, incluyendo al ligamento tibioperoneo posterior. Por su extremo inferior se inserta en el astrágalo en la zona próxima al contorno articular, excepto a nivel de la parte anterior, donde se aleja de la superficie articular y alcanza el cuello del astrágalo.

En la parte anterior y posterior de la articulación, la cápsula es fina y débil para acomodarse a los movimientos de flexión y extensión. En las partes laterales, por el con-

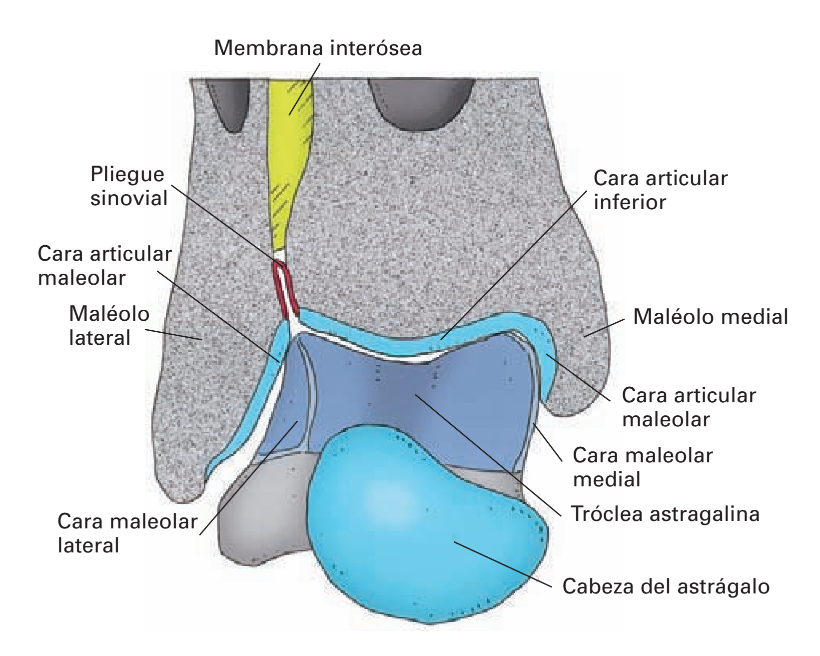


Figura 7-87. Representación esquemática de las superficies articulares del tobillo.

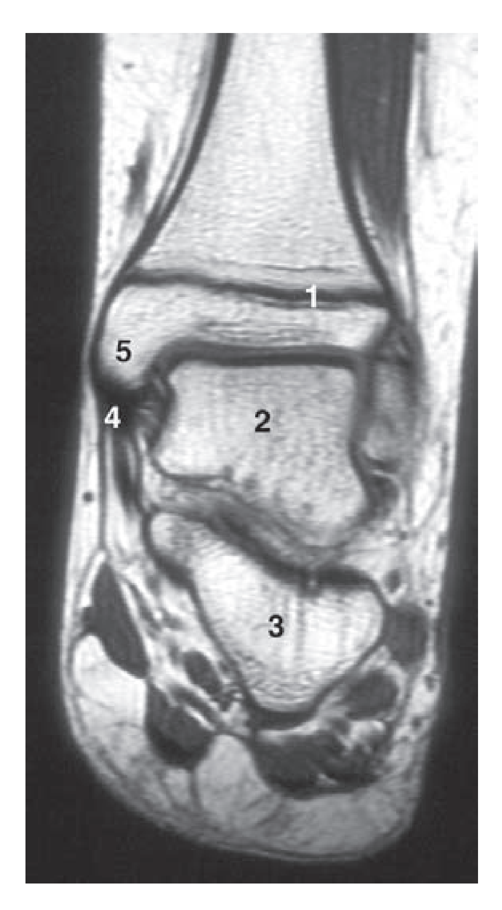


Figura 7-88. RM coronal de la articulación del tobillo. 1) Línea epifisaria de la tibia; 2) astrágalo; 3) calcáneo; 4) ligamento deltoideo; 5) maléolo tibial.

trario, la cápsula es más potente y está reforzada por robustos ligamentos colaterales.

La **membrana sinovial** tapiza la cara profunda de la cápsula fibrosa y la porción del cuello del astrágalo incluida dentro de la articulación. En la parte anterior de la articulación, la sinovial presenta un pliegue que se proyecta entre la tibia y el maléolo lateral hasta alcanzar el extremo inferior del ligamento interóseo de la articulación tibioperonea distal.

Ligamentos (Figs. 7-89 a 7-91)

La cápsula articular está reforzada, a ambos lados, por potentes ligamentos colaterales que se extienden entre los maléolos y los huesos del tarso. En el lado medial hay un solo ligamento colateral, el ligamento deltoideo. En el lado externo se disponen tres haces ligamentosos, los ligamentos astragaloperoneos anterior y posterior y el ligamento calcaneoperoneo.

El **ligamento medial**, o **ligamento deltoideo**, es un potente refuerzo fibroso de forma triangular que se extiende entre el maléolo medial y las caras mediales de los huesos navicular y calcáneo. En el ligamento se pueden distinguir varios haces fibrosos que están dispuestos en diferentes planos. En el plano más profundo se identifican los haces tibioastragalinos anterior y posterior, que se insertan, respectivamente, en el cuello del astrágalo y en el tubérculo interno de la cara posterior del cuerpo del astrágalo. En el plano superficial se dispone un amplio haz de forma triangular compuesto por fibras anteriores que alcanzan la cara superior y medial del navicular (*banda tibionavicular*) y fibras posteriores que van al borde del *sustentaculum tali* (*banda tibiocalcánea*).

Los ligamentos externos son cintas fibrosas que se fijan en el maléolo lateral. El **ligamento astragaloperoneo anterior** se extiende hasta el cuello del astrágalo. El **ligamento astragaloperoneo posterior** se extiende casi horizontalmente hasta el tubérculo interno de la cara posterior del cuerpo del astrágalo. En la posición de intensa flexión plantar, este ligamento contacta con el ligamento tibioperoneo posterior. El **ligamento calcaneoperoneo** se interpone entre los dos ligamentos astragaloperoneos y forma una cuerda fibrosa aislada superficialmente de la cápsula fibrosa que se extiende hasta el tubérculo peroneo del calcáneo.

En conjunto los ligamentos colaterales desempeñan un papel importante como estabilizadores de la articulación y contribuyen a delimitar movimientos, tanto en la articulación del tobillo como en las articulaciones infra-astragalinas.

Dinámica funcional

Estabilidad articular

La estabilidad de la articulación del tobillo está asegurada por dos factores. Por un lado, la carga que recibe la articulación tiende a mantener a la tibia en contacto con la cara superior del astrágalo. Este efecto de la carga se refuerza por la tensión de los ligamentos colaterales y por la contracción de los músculos periarticulares. El otro factor determinante de la estabilidad articular es el efecto de pinza que realizan los maléolos sobre el astrágalo y que evita posibles desplazamientos laterales. Hay que tener en cuenta que el efecto de pinza es dependiente de la integridad de las uniones tibioperoneas y de los ligamentos colaterales.

> Como consecuencia de movimientos violentos de lateralización del pie, se pueden producir varios tipos de lesiones del tobillo, tales como la rotura de los ligamentos de la articulación tibioperonea distal, que causa una separación del extremo inferior de la tibia y el peroné (*diástasis del tobillo*), la rotura de uno o de los dos maléolos y la rotura de los ligamentos colaterales. Con frecuencia, estas lesiones aparecen de forma conjunta, ya que una lesión inicial de la unión tibioperonea permite desplazamientos laterales del astrágalo que conducen a las lesiones de los maléolos o de los ligamentos colaterales.

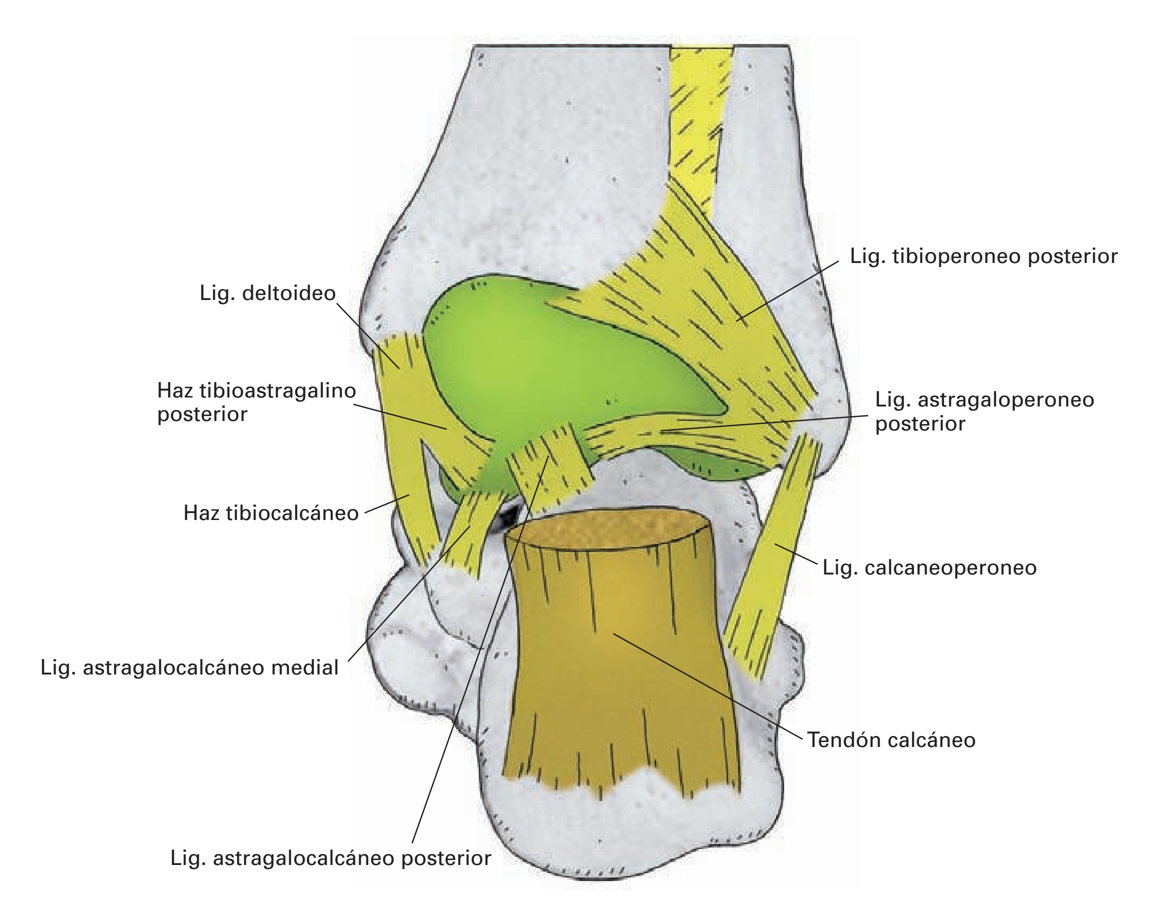


Figura 7-89. Visión posterior de la articulación del tobillo.

Movilidad articular (Figs. 7-92 y 7-93)

El tobillo es una articulación de tipo troclear que permite únicamente movimientos de flexión y extensión. El movimiento se realiza sobre un eje transversal que se extiende entre el extremo inferior de los maléolos. Dado que en reposo el pie forma un ángulo recto con la pierna, los movimientos de flexoextensión se describen de forma más precisa como movimientos de *flexión plantar* (flexión) y *flexión dorsal* (extensión). En la flexión plantar, la planta del pie se proyecta hacia el plano inferior y desde la horizontal puede alcanzar de 30 a 50°. En la flexión dorsal, el pie gira hacia la cara anterior de la pierna y puede alcanzar, desde la horizontal, unos 20 ó 30°.

Las *fuerzas motoras de la flexión dorsal* están representadas por el músculo **tibial anterior**, con el que colaboran el **extensor largo del primer dedo**, el **extensor largo de los dedos** y el **tercer peroneo** (sin embargo, estos tres músculos no son capaces de evitar la caída del pie en caso de parálisis del tibial anterior). El movimiento se limita por la tensión de los músculos flexores plantares, por las fibras posteriores del ligamento deltoideo, por el ligamento calcaneoperoneo y por el efecto de cuña de la superficie del astrágalo, que, como ya hemos descrito, es más abultada por delante que por detrás. El freno final del movimiento está determinado por el choque del borde de la extremidad inferior de la tibia con el cuello del astrágalo.

Las *fuerzas motoras de la flexión plantar* están representadas principalmente por los **músculos gastrocnemios** y por el **sóleo**, pero todos los músculos cuyos tendones discurren por detrás del eje de flexoextensión del tobillo (**plantar**, **tibial posterior**, **flexor largo de los dedos**, **flexor largo del primer dedo** y **peroneo largo**) pueden colaborar en el movimiento. El movimiento se limita por la tensión de los músculos flexores dorsales, por las fibras anteriores del ligamento deltoideo, y por el ligamento astragaloperoneo anterior. El freno final del movimiento está determinado por el choque del borde de la extremidad inferior de la tibia con los tubérculos posteriores del astrágalo.

El hábito de usar tacones altos de forma permanente puede provocar un acortamiento de los músculos gastrocnemios que causa secundariamente dificultad para caminar descalzo o con zapatos planos.

Estática articular

La articulación adquiere la máxima inmovilidad durante la flexión dorsal (posición de cierre). En esta posi-

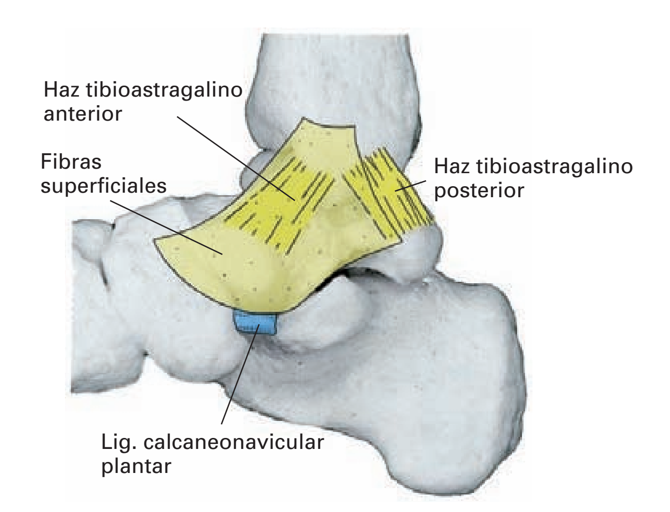


Figura 7-90. Visión medial del tobillo para mostrar el ligamento deltoideo. Las fibras superficiales transparentadas permiten ver los haces profundos.

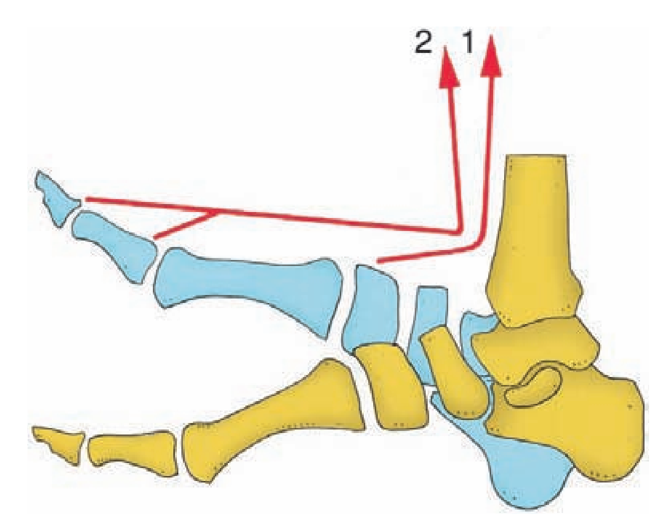


Figura 7-92. Movimiento de flexión dorsal del pie. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras flexoras dorsales: 1) Tibial anterior. 2) Extensor largo de los dedos y extensor del dedo grueso.

ción, la pinza tibioperonea contacta con la parte anterior del astrágalo, que es la más ancha, lo que genera una máxima tensión tanto de los ligamentos colaterales como de los ligamentos que refuerzan la unión tibioperonea distal.

En posición erecta, el eje de gravedad se dispone por delante del eje de flexoextensión, por lo que la articulación se mantiene inmóvil baja la contracción de los músculos sóleo y gastrocnemios. Una forma de reducir el esfuerzo muscular necesario para mantener el cuerpo erecto es realizar una ligera rotación externa del pie para que el eje del movimiento no esté alineado con el eje de la gravedad. En este sentido hay que señalar que, fisiológicamente, el eje de flexoextensión del tobillo se orienta hacia afuera y ligeramente hacia atrás formando un ángulo de unos 20° con el plano frontal. Por este motivo, los pies en reposo no se disponen paralelos sino ligeramente divergentes. Este hecho depende de la orientación de la superficie articular del astrágalo y favorece la bipedestación ampliando el polígono de sustentación del cuerpo y evitando que la gravedad actúe en sentido estrictamente opuesto a los músculos flexores plantares.

La necesaria contracción del músculo sóleo para contrarrestar el efecto de la gravedad sobre el tobillo cuando se mantiene una postura erecta tiene la función adicional de comprimir los vasos sanguíneos que lo atraviesan favoreciendo el retorno venoso de la extremidad y evitando las varices (*bomba del sóleo*).

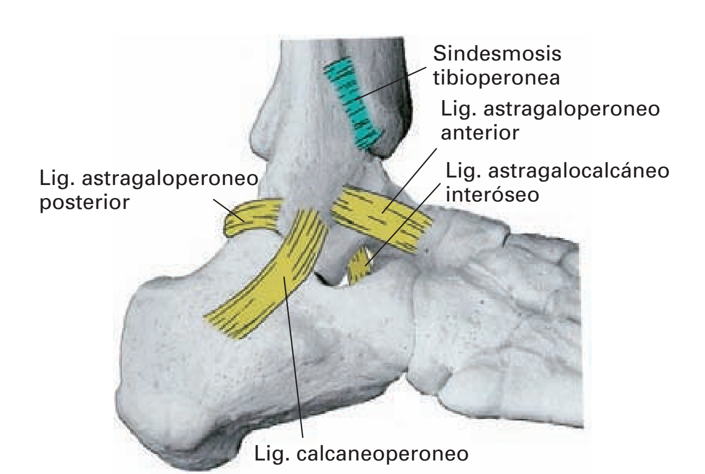


Figura 7-91. Visión lateral del pie para mostrar los ligamento externos del tobillo.

Artrodesis del tobillo

Aunque existen prótesis de tobillo que son capaces de mantener cierta funcionalidad de la articulación, los inconvenientes que generan en la estática y la escasa duración determinan que, con mayor frecuencia, las lesiones graves del tobillo se traten con *artrodesis*. Esta técnica consiste en inmovilizar el tobillo en una posición neutra para asegurar la función de apoyo de la extremidad.

ARTICULACIONES DEL PIE
(Figs. 7-94 y 7-96)

Desde el punto de vista arquitectónico, el pie humano constituye una estructura de gran complejidad debido a su necesaria especialización para adaptarse a la marcha bípeda. Hay que tener en cuenta que en otros antropoides el pie no tiene que cargar con el peso de todo el cuerpo y

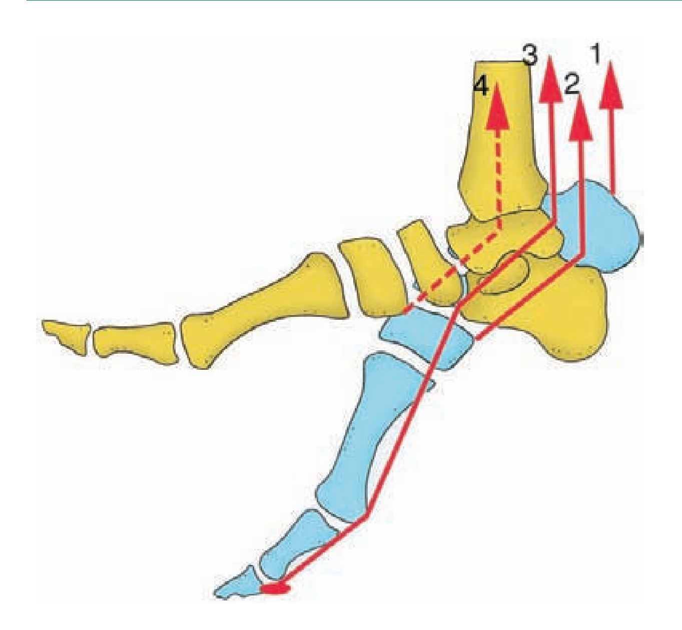


Figura 7-93. Movimiento de flexión plantar del pie. Las palancas óseas desplazadas se representan en azul. Fuerzas motoras flexoras plantares: 1) tríceps sural; 2) tibial posterior; 3) flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo grueso; 4) peroneo largo.

además posee una significativa movilidad prensil que le permite sujetarse a las ramas o asir objetos. Como consecuencia de esta especialización, el pie humano presenta, por un lado, características anatómicas derivadas de su antigua función prensil y, por otro, nuevas adquisiciones necesarias para desarrollar la marcha bípeda

La posición del primer dedo es uno de los rasgos que ha sufrido importantes modificaciones en el pie humano. En el pie del gorila o del chimpancé, por ejemplo, el primer dedo está aislado del resto (como ocurre en la mano) para permitir movimientos de oposición. En el ser humano, por el contrario, el primer dedo aparece alineado con los demás dedos y se comporta como una estructura de apoyo. Sin embargo, el pie humano mantiene la potencialidad de realizar cierto grado de oposición y contiene, más o menos desarrollados, todos los músculos necesarios para ello. Este hecho explica que algunas personas que han perdido la extremidad superior puedan utilizar el pie en sustitución de la mano en actividades tan complejas como pintar o escribir.

Un cambio estructural importante en el pie humano ha sido adquirir una superficie de apoyo en forma de arco elástico con capacidad de absorber las cargas a las que está sometido y de adaptarse a la marcha sobre suelos irregulares. Así, la superficie de apoyo del pie no es plana, sino que se establece principalmente en sus dos extremos. En el extremo posterior se apoya sobre el talón y en el extremo anterior lo hace sobre la cabeza de los metatarsianos y de los dedos. En la marcha, esta disposición en arco, determina que el pie estante se comporte como una palanca elástica que desarrolla su función en tres grandes fase sucesivas:

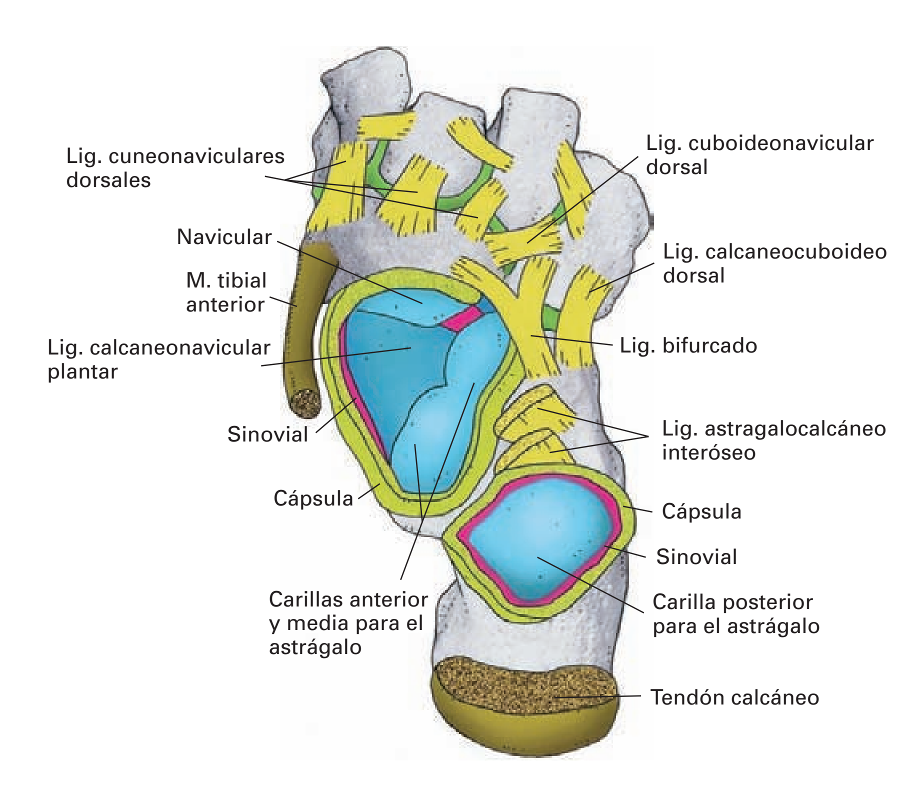


Figura 7-94. Visión dorsal de las articulaciones de las unidades posterior y media del pie tras abrir las articulaciones subastragalina y astrágalo-calcáneo-navicular y extirpar el astrágalo.

1.º absorbe la carga apoyando sólo el extremo posterior del pie; 2.º extiende el apoyo hacia el extremo anterior siguiendo un secuencia en su distribución de lateral a medial (primero apoya el 5.º dedo y el primer dedo es el último en recibir la carga); y 3.º descarga el peso del extremo posterior utilizando el extremo anterior como elemento de propulsión.

Desde el punto de vista estructural, la distribución espacial de la carga que absorbe el pie humano tiene su reflejo en una organización arquitectónica en forma de bóveda.

Dos arcos longitudinales que siguen los márgenes del pie y un arco transversal dispuesto a lo largo de la interlínea que se establece entre el tarso y la base de los metatarsianos constituyen las referencias anatómicas que definen la bóveda de la planta del pie.

A diferencia de los seres humanos, el chimpancé y otros antropoides, durante la marcha, apoyan el pie simultáneamente en sus extremos posterior y anterior y no hay transferencia de la carga del margen lateral al medial.

En el presente capítulo se describirá la morfología de las diferentes articulaciones del pie teniendo en cuenta su papel en la movilidad del pie con respecto a la pierna y su función en el establecimiento de una estructura abovedada flexible con un papel esencial en el apoyo y sustentación del cuerpo.

Articulaciones de la unidad posterior del pie

La unidad posterior del pie está formada por los huesos astrágalo y calcáneo, y, desde el punto de vista articular, incluiremos en este apartado las uniones de ambos huesos entre sí y las uniones de estos huesos con los de la unidad media (navicular y cuboides), que comprenden las articulaciones subastragalina, astragalocalcaneonavicular y calcaneocuboidea.

Funcionalmente, todas estas articulaciones actúan de manera integrada formando la *cámara subastragalina del complejo articular de unión entre la pierna y el pie*.

Por ello, describiremos inicialmente la superficie y la cápsula articular de cada articulación, y, a continuación, de forma integrada, los ligamentos y la dinámica funcional de todo el complejo articular.

Articulación subastragalina (Fig. 7-94)

La articulación substragalina se establece entre el astrágalo y el calcáneo.

La superficie del astrágalo se dispone en la parte posterior de la cara inferior de su cuerpo y tiene forma de cilindro hueco.

La superficie del calcáneo ocupa un posición posterior en la cara superior del hueso y tiene forma de cilindro macizo. La orientación de la articulación es oblicua, de modo que el eje del cilindro se dirige de delante atrás y de medial a lateral.

Por delante de las superficies articulares, tanto el astrágalo como el calcáneo presentan un surco prominente que los separa de las superficies articulares anteriores de ambos huesos pertenecientes a la articulación astragalocalcaneonavicular. En el pie articulado, los surcos de ambos huesos, al superponerse, se transforman en un conducto denominado **seno del tarso**.

La cápsula fibrosa es laxa y se inserta en el contorno de las superficies articulares. La membrana sinovial reviste la cara profunda de la cápsula fibrosa.

Articulación astragalocalcaneonavicular (Fig. 7-94)

Es una articulación compleja que se establece entre el extremo anterior del astrágalo y la cara posterior del navicular, las superficies astragalinas anterior y media del calcáneo y, entre ambas, algunas formaciones fibrosas impregnadas de cartílago que completan en conjunto una amplia superficie de recepción.

La superficie articular astragalina tiene el aspecto de un amplio ovoide revestido de cartílago que se extiende a lo largo de el extremo anterior e inferior de la cabeza, la cara inferior del cuello y el segmento más anterior de la cara inferior del cuerpo.

Formando una amplia cavidad para contener al astrágalo, la superficie articular distal está representada por la carilla articular cóncava de la cara posterior del hueso navicular y por las superficies articulares anterior y media de la cara superior del calcáneo.

Además, el espacio entre el navicular y el calcáneo se cierra por dos formaciones ligamentosas infiltradas de cartílago.

Entre el borde medial del *sustentaculum tali* del calcáneo y la cara inferior del hueso navicular se dispone una lámina fibrocartilaginosa horizontal, el **ligamento calcaneonavicular plantar**, que cierra el espacio óseo y sirve de apoyo a la cabeza del astrágalo.

Esta función de soporte del ligamento se refuerza por el tendón del músculo tibial posterior que discurre bajo el ligamento.

Adicionalmente al ligamento calcaneonavicular plantar, entre el margen medial de la superficie articular anterior del calcáneo para el cuboides y el navicular, se localiza un discreto componente de **fibras calcaneonaviculares** revestidas de cartílago, que forman parte del **ligamento bifurcado** (véase más adelante).

La cápsula fibrosa se une en el contorno de las superficies articulares incluyendo los márgenes laterales de los ligamentos articulares.

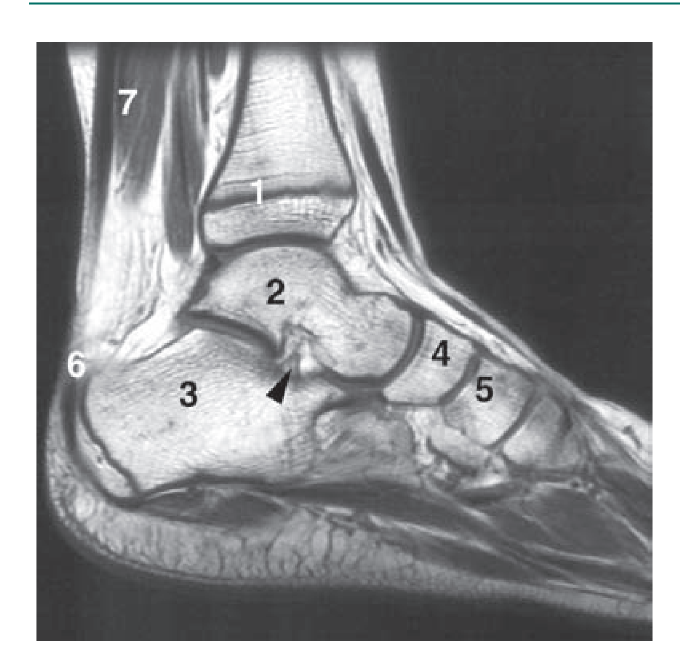


Figura 7-95. RM sagital del pie y del tobillo. 1) Línea epifisaria del extremo inferior de la tibia; 2) astrágalo; 3) calcáneo; 4) navicular; 5) cuña medial; 6) tendón calcáneo; 7) músculo sóleo. Flecha: ligamento astragalocalcáneo interóseo.

La membrana sinovial recubre la cara profunda de la cápsula fibrosa y posee un pliegue con grasa que se localiza entre los dos ligamentos articulares.

Articulación calcaneocuboidea

Se establece entre la superficie articular cuboidea de la cara anterior del calcáneo y la superficie articular de la cara posterior del cuboides.

Las dos superficies están revestidas de cartílago articular.

La cápsula fibrosa se inserta en los contornos de las superficies articulares y está revestida, por su cara profunda, de la **membrana sinovial**.

Articulación transversa del tarso

Se denomina articulación transversa del tarso (articulación mediotarsiana o articulación de Chopart[12]) al conjunto de las articulaciones astragalocalcaneonavicular y calcaneocuboidea que ya hemos descrito y que unen la unidad posterior del pie con la unidad media.

La interlínea de estas articulaciones tiene forma de «S» tendida y constituye una de las regiones por las que se realizan amputaciones del pie. Intercalados en la interlínea se disponen los ligamentos calcaneocuboides plantar, el ligamento plantar largo y el ligamento bifurcado (ligamento esencial de la articulación de Chopart) que deben de seccionarse para conseguir la amputación.

Dispositivo ligamentoso del complejo articular (Figs. 7-94 a 7-96)

Además de los ligamentos articulares presentes en la articulación astragalocalcaneonavicular, y de los ligamentos de la articulación del tobillo que contribuyen a reforzar estas articulaciones, asociados al conjunto articular se disponen los siguiente refuerzos ligamentosos:

El **ligamento astragalocalcáneo interóseo**, que está interpuesto entre la articulación subastragalina y la articulación astragalocalcaneonavicular ocupando el seno del tarso.

Está formado por varias láminas superpuestas de tejido fibroso que se extienden entre los surcos del astrágalo y del calcáneo. Posee una rica inervación propioceptiva que informa de la posición del pie y del tobillo.

Los **ligamentos astragalocalcáneo lateral** y **medial**, que están situados en los planos laterales de la articulación subastragalina y se refuerzan por las fibras de los ligamentos laterales del tobillo que se extienden hasta el calcáneo.

El **ligamento astragalonavicular**, que refuerza la cara dorsal de la articulación astragalocalneonavicular extendiéndose entre el cuello del astrágalo y la cara dorsal del hueso navicular.

El **ligamento bifurcado**, que es una potente formación fibrosa con forma de «Y» que se sitúa en el espacio delimitado entre el calcáneo, tercer cuneiforme y cuboides. Se origina en la parte interna del borde superior de la extremidad anterior del calcáneo, lateral con respecto a la superficie articular anterior para el astrágalo.

Desde el origen se divide en una banda medial calcaneonavicular y otra lateral calcacuboidea.

La *banda calcaneonvicular* se extiende hasta la cara medial del navicular y, como se ha descrito, forma parte de las superficies articulares de la articulación astragalocalcaneonavicular. La *banda calcaneocuboidea* se dirige hacia el borde dorsomedial del cuboides.

El **ligamento calcaneocuboideo plantar** (*ligamento plantar corto*), que es una cinta de refuerzo de la cápsula calcaneocuboidea extendida entre el borde inferior del extremo anterior del calcáneo y la cara inferior del cuboides sin sobrepasar el surco del tendón del peroneo largo.

El **ligamento plantar largo** se dispone superficialmente al calcaneocuboideo plantar separándose de él por una zona de tejido conjuntivo laxo. Se origina en la cara inferior del calcáneo y forma una potente banda fibrosa que se inserta en la tuberosidad cuboidea posteriormente al surco del peroneo largo.

Las fibras más superficiales del ligamento sobrepasan la tuberosidad insertándose en la base de los cuatro últimos metatarsianos. De esta manera, el ligamento transforma el

[12] F. Chopart (1743-1795) médico y cirujano francés.

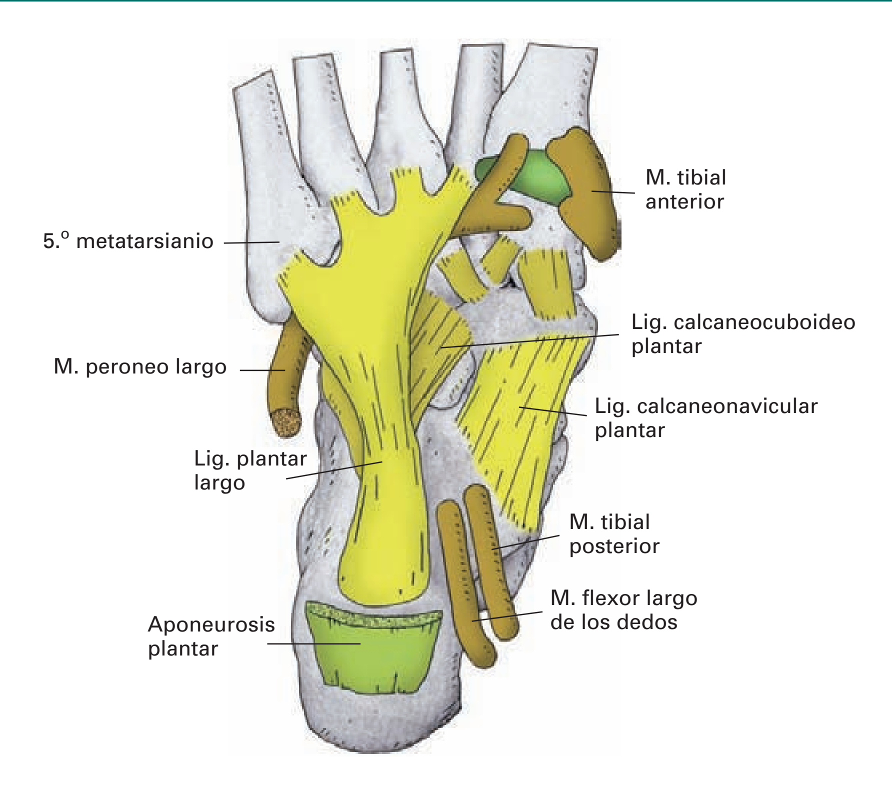


Figura 7-96. Ligamentos de la planta del pie.

surco del tendón del peroneo largo en un túnel osteofibroso.

Dinámica funcional del complejo articular infra-astragalino (Fig. 7-97)

Este complejo articular comprende principalmente las articulaciones subastragalina y astragalocalcaneonavicular, y permite desplazamientos del calcáneo y del navicular respecto al astrágalo. La articulación calcaneocuboidea y la porción del pie distal al navicular son arrastradas por estos huesos y completan el movimiento con pequeños deslizamientos en sus articulaciones.

Los movimientos del complejo articular se denominan **inversión** y **eversión** del pie. La inversión es un movimiento combinado de **aproximación** y **supinación** que consiste en la elevación del borde medial del pie y el descenso del borde lateral, que se acompaña de una flexión dorsal en la articulación del tobillo. La eversión es el movimiento opuesto, combinación de **separación** y **pronación**, en el que se eleva el borde lateral del pie y se desciende el medial. La eversión habitualmente se acompaña de flexión plantar en la articulación del tobillo.

Se considera como eje de los movimientos a la línea que partiendo del tubérculo posterolateral del calcáneo emerge por el margen superointerno del cuello de astrágalo siguiendo una dirección oblicua hacia arriba, hacia delante y hacia dentro. Este eje cruza el seno del tarso.

La significación funcional del movimiento de inversión/eversión es adaptar el apoyo del pie a superficies irregulares o inclinadas y permite la inclinación del pie, acción que es necesario realizar cuando se desea hacer un giro brusco durante una carrera.

Fuerzas motoras

El *movimiento de inversión* se ejecuta por la acción conjunta de los **músculos tibial anterior** y **posterior**, que de esta forma neutralizan su efecto opuesto (flexión dorsal y plantar respectivamente) sobre la articulación del tobillo. Los músculos tibiales pueden recibir la ayuda en algunas circunstancias del **extensor** y el **flexor del primer dedo**.

El *movimiento de eversión* se realiza por los **músculos peroneos largo, corto** y **tercero**. En el curso de este movimiento, el músculo peroneo tercero se opone al efecto de flexión plantar que los peroneos largo y corto ejercen sobre el tobillo.

Articulaciones de la unidad media del pie

Articulación cuneonavicular (Fig. 7-96)

Se establece entre la cara anterior del hueso navicular y las caras posteriores de las tres cuñas, que presentan superficies articulares planas revestidas de cartílago articular. La

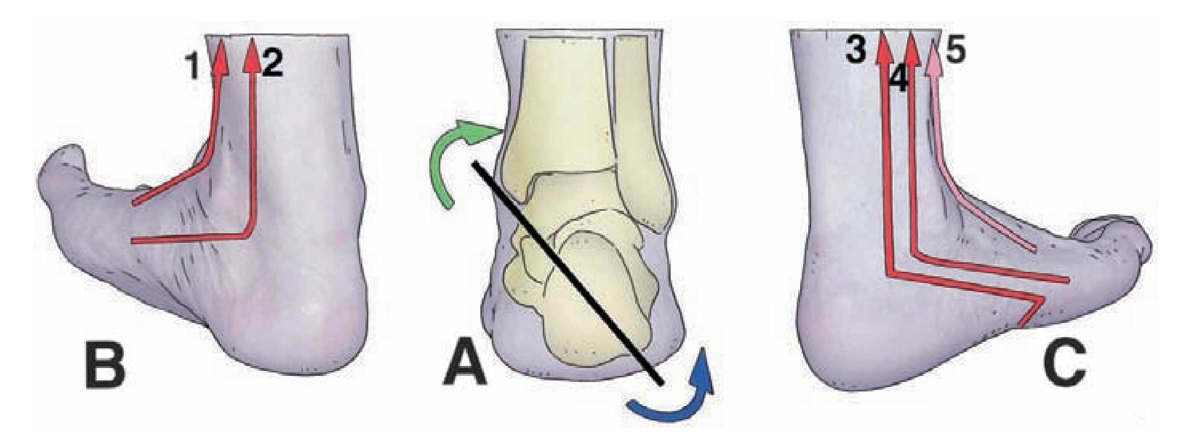


Figura 7-97. Movimientos de inversión (B) y eversión (C) del pie desde la posición de reposo (A) en la que se muestra el eje de movimiento y las direcciones de giros (verde, inversión; azul, eversión). Fuerzas motoras: 1) tibial anterior; 2) tibial posterior; 3) peroneo largo; 4) peroneo corto; 5) tercer peroneo.

cápsula fibrosa se inserta en el contorno articular del navicular y salta hacia las cuñas delimitando una cavidad articular que se proyecta entre las cuñas prolongándose con las articulaciones que establecen estos huesos por sus caras laterales, incluyendo la articulación entre la cuña lateral y el cuboides.

La cápsula fibrosa presenta ligamentos cuneonaviculares en las caras dorsal y plantar. De estos ligamentos, los plantares son más robustos y se refuerzan por la inserción del músculo tibial posterior.

Articulaciones intercuneiformes

Son las articulaciones que se establecen entre las caras laterales de las cuñas. Las superficies son planas y están revestidas de cartílago. La cápsula fibrosa se extiende entre los contornos articulares, pero la cavidad articular se continúa posteriormente con la articulación cuneonavicular. Existen refuerzos fibrosos dorsales, plantares e interóseos (entre las caras laterales de los huesos).

Articulación cuneocuboidea

Es idéntica a las intercuneiformes pero se establece entre la cara lateral de la cuña lateral y la cara medial del cuboides. Al igual que las articulaciones intercuneiformes, la cavidad articular se comunica posteriormente con la articulación cuneonavicular.

Dinámica funcional de las articulaciones de la unidad media del pie

Desde el punto de vista funcional, las articulaciones de la unidad media del pie permiten pequeños deslizamientos cuya función es elaborar una estructura con la flexibilidad necesaria para amortiguar las cargas a las que está sometido el pie y para adaptar el apoyo a superficies irregulares.

Articulaciones de la unidad anterior del pie

Articulaciones tarsometatarsianas

(Figs. 7-98 y 7-99)

Los cuneiformes y el cuboides se articulan por su cara distal con la base de los metatarsianos formando el complejo articular tarsometarsiano (*articulación de Lisfranc*[13]).

> La interlínea articular tiene importancia quirúrgica por ser una de las zonas de elección para realizar amputaciones del pie.

[13] J. Lisfranc (1790-1847) médico y cirujano francés.

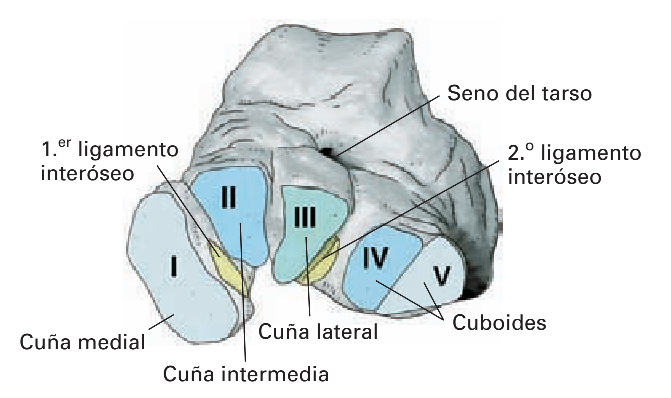


Figura 7-98. Vision distal de las superficies articulares del tarso para el metatarso. Los números romanos indican el metatarsiano que contacta con cada superficie.

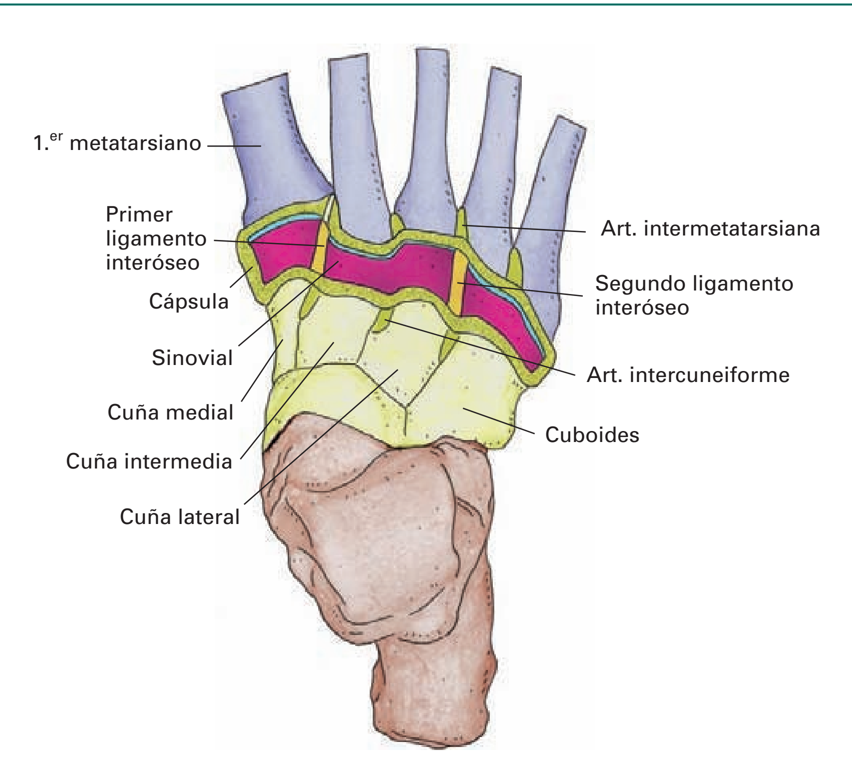


Figura 7-99. Visión dorsal del pie en la que se muestra abierto el complejo articular tarsometatarsiano (*articulación de Lisfranc*).

Las superficies articulares son todas planas y establecen el siguiente patrón de contacto: 1) el primer metatarsiano contacta sólo con la cuña medial; 2) el segundo metatarsiano queda encajado entre las tres cuñas contactando con la superficie distal de la cuña intermedia y con las caras laterales adyacentes de las cuñas medial y lateral; 3) el tercer metatarsiano contacta con la cara distal de la cuña lateral; 4) el cuarto metatarsiano contacta principalmente con el cuboides, pero tiene una pequeña superficie para la cuña lateral; 5) el quinto metatarsiano contacta solamente con la cara distal del cuboides.

En esta articulación existen tres cápsulas articulares revestidas en su cara profunda de sinovial que se separan entre sí por dos potentes ligamentos interóseos cuneometatarsianos (Fig. 7-99 véase después). La cápsula interna se dispone entre la cuña medial y el primer metatarsiano. La cápsula media contornea de forma conjunta las superficies de contacto articular entre las tres cuñas y las carillas correspondientes de los metatarsianos segundo, tercero y cuarto. Finalmente, la cápsula lateral engloba de forma conjunta las superficies de contacto entre cuboides y las carillas correspondientes del cuarto y quinto metatarsianos.

La separación entre las tres cápsulas articulares se debe a la presencia de dos potentes ligamentos interóseos: el **primer ligamento interóseo** (*ligamento de Lisfranc*), dispuesto entre la cara lateral de la cuña medial y la cara medial de la base del segundo metatarsiano; y el **segundo ligamento interóseo**, que se extiende entre la cara lateral de la cuña lateral y la cara medial de la base del cuarto metatarsiano. Además, las cápsulas articulares están reforzadas por ligamentos dorsales y plantares que, junto con las inserciones de los músculos tibiales y del peroneo largo, mantienen la estabilidad articular.

Articulaciones intermetatarsianas

Las bases de los cuatro últimos metatarsianos están unidas por sus caras laterales mediante articulaciones sinoviales planas. Habitualmente, las articulaciones entre el segundo y tercero, y las del cuarto y quinto, comunican proximalmente con la articulación tarsometatarsiana correspondiente.

Las cápsulas articulares se insertan en el contorno de las superficies articulares excepto en la zona de comunicación con las articulaciones tarsometatarsianas, y están reforzadas por ligamentos dorsales y plantares y, especialmente, por ligamentos interóseos que se disponen en la zona distal de la articulación entre las caras laterales de las bases de los metatarsianos.

Dinámica funcional

Las articulaciones tarsometatarsianas e intermetatarsianas poseen poca movilidad, pero son importantes para dar flexibilidad al pie, especialmente durante los movimientos de inversión y eversión.

Articulaciones metatarsofalángicas
(Fig. 7-100)

Son articulaciones sinoviales de tipo condíleo en las que contactan la cabeza de los metatarsianos y la base de las falanges proximales.

La cabeza de los metatarsianos tiene forma ovoidea y se acopla a la superficie cóncava de la base de las falanges. La superficie articular de las falanges se amplía por la presencia del **ligamento plantar**, que es un pequeño fibrocartílago unido firmemente al borde inferior de la base de la falange.

En el primer dedo, la superficie articular de la cabeza del metatarsiano se prolonga hacia abajo para contactar con dos huesos sesamoides. Estos huesos sesamoideos están incrustados en la cápsula sustituyendo, en gran medida, al ligamento plantar y poseen revestimiento de cartílago en la zona de contacto con la cabeza del metatarsiano.

La cápsula fibrosa de las articulaciones se inserta en los contornos de las superficies articulares y está revestida por su cara profunda por la membrana sinovial.

Además del ligamento plantar, los refuerzos ligamentosos están representados por los **ligamentos colaterales** y el **ligamento transverso metatarsiano profundo**.

Los ligamentos colaterales tienen forma triangular, y se unen por su vértice en los tubérculos laterales de la cabeza de los metatarsianos y por su base en la cara lateral de la base de las falanges.

El ligamento transverso metatarsiano profundo es una lámina fibrosa continua que interconecta las cabezas de los metatarsianos, extendiéndose de un dedo, y se une a los ligamentos plantares.

Dinámica funcional

Los movimientos de estas articulaciones son similares a las articulaciones metacarpofalángicas de la mano, pero menos extensos. Los movimientos posibles son: flexión-extensión (flexión dorsal/flexión plantar) y aproximación-separación.

La *extensión* es mucho más amplia que en la mano y se lleva a cabo por los **músculos extensor largo del primer dedo**, **extensor largo de los dedos** y **extensor corto de los dedos**.

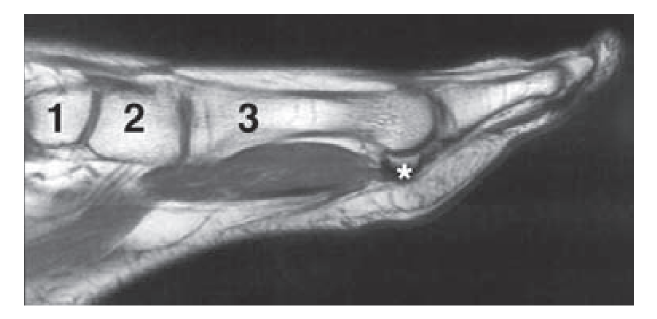


Figura 7-100. RM sagital del primer dedo. 1) Navicular; 2) cuña medial; 3) metatarsiano. Asterisco: hueso sesamoideo.

Las fuerzas motoras de la *flexión* son los músculos **flexores largo**, **corto** y **accesorio de los dedos**; **flexores corto** y **largo del primer dedo**; **flexor corto del quinto dedo**; **interóseos** y **lumbricales**.

Los movimientos de separación y aproximación consisten en movimientos de lateralidad de los dedos. Se habla de separación cuando los dedos se alejan del eje que pasa por el segundo dedo y aproximación al movimiento opuesto. La referencia del segundo dedo difiere de lo descrito en la mano, donde el eje lo forma el dedo medio. Esta diferencia es debida a que el segundo metatarsiano no puede hacer desplazamientos laterales por estar encajado entre las cuñas y porque recibe la inserción de dos músculos interóseos dorsales.

Las fuerzas motoras de la *separación* son los **músculos interóseos dorsales** y los **separadores del primer dedo** y **del quinto dedo**.

Las fuerzas motoras de la a*proximación* son los **interóseos plantares** y el **aproximador del primer dedo**.

> **Juanete (deformidad en valgo del primer dedo)**
>
> Los tendones de los músculos flexores y extensores de los dedos participan en la estabilización de las articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas. Los tendones extensores se mantienen en la línea media por la acción de las expansiones fibrosas que reciben de los lumbricales e interóseos. En el primer dedo los tendones extensores no poseen expansiones que los fijen en posición, por lo que cuando se ha iniciado una pequeña desviación como consecuencia del uso de un calzado inadecuado, el tono de los tendones extensores tiende a desplazar al dedo lateralmente (*dedo en valgo*), llegando incluso a acabalgar sobre el segundo dedo. Esta alteración compromete los tejidos circundantes a la articulación metatarsofalángica, que reaccionan inflamándose (*juanete*).

Articulaciones interfalángicas

Las articulaciones interfalángicas son similares a las de la mano. Son articulaciones de tipo troclear. Las superficies articulares se complementan por la presencia de un ligamento plantar de fibrocartílago similar al que hemos descrito en las articulaciones metatarsofalángicas. La cápsula fibrosa se inserta en el contorno de las superficies articulares y está reforzada por ligamentos colaterales y por expansiones de los tendones extensores.

Desde el punto de vista funcional, estas articulaciones permiten únicamente movimientos de flexión (flexión plantar) y extensión (flexión dorsal).

Las *fuerzas motoras extensoras* son los músculos **extensor largo del primer dedo**, **extensor largo de los dedos**, **extensor corto de los dedos** y, al igual que en la mano, **lumbricales** e **interóseos**.

Las *fuerzas motoras de la flexión* son los músculos **flexores largo**, **corto** y **accesorio de los dedos** (*cuadrado plantar*), **flexores corto** y **largo del primer dedo**, y **flexor corto del quinto dedo**.

El pie como estructura de apoyo: la bóveda plantar (Figs. 7-101 a 7-106)

El pie desempeña tres funciones fundamentales en la locomoción: soporta el peso corporal, hace de palanca para propulsar el cuerpo durante la marcha y el salto, y amortigua las cargas recibidas durante estos movimientos. Para realizar estas funciones con la máxima eficiencia, el pie humano ha adquirido un forma abovedada de apoyo, la **bóveda plantar**, que además evita la compresión de los componentes vasculares y nerviosos que se localizan en la planta del pie.

Aunque en el niño el pie aparece aplanado debido a la acumulación de grasa en la superficie plantar del pie, en el adulto la planta del pie presenta un aspecto cóncavo en forma de media bóveda, que al considerar a los dos pies juntos dibujan una bóveda arquitectónica completa. Sin embargo, en el ser humano actual, debido a que camina sobre superficies planas y especialmente por el uso de zapatos, las estructuras responsables del mantenimiento de la bóveda plantar no necesitan someterse a esfuerzos de adaptación y los músculos implicados en esta función tienden a debilitarse y a atrofiarse, lo que explica la gran incidencia de pies con la bóveda aplanada o deficiente (*pie plano*).

Arcos del pie (Figs. 7-101 a 7-104)

La bóveda plantar está definida por dos arcos longitudinales, el medial y el lateral, y un arco transversal, que afectan a las estructuras óseas y a sus articulaciones y ligamentos.

El **arco longitudinal medial** se forma por el astrágalo soportado sobre el calcáneo, el navicular, las tres cuñas y los tres primeros metatarsianos. Es el arco más cóncavo y el más flexible del pie. El ligamento calcaneonavicular plantar desempeña una función fundamental en este arco sujetando la cabeza del astrágalo.

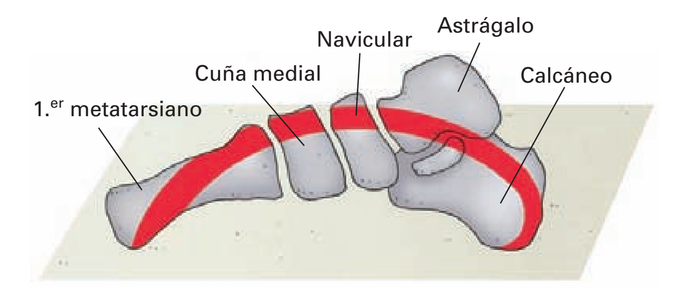


Figura 7-101. Esquema del arco longitudinal medial de la bóveda plantar.

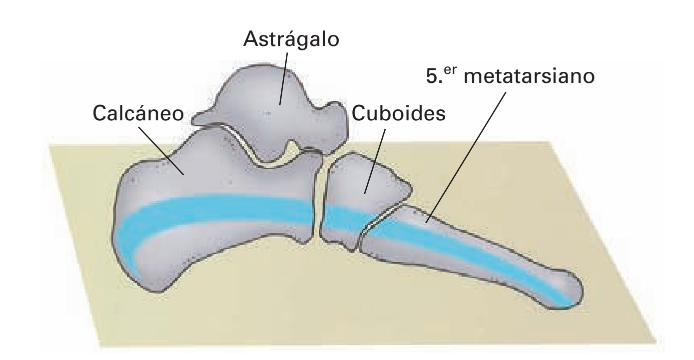


Figura 7-102. Esquema del arco longitudinal lateral de la bóveda plantar.

El **arco longitudinal lateral** comprende el calcáneo, el cuboides y los dos metatarsianos más laterales. La curvatura de este arco es menor que la del medial y su punto clave es la articulación calcaneocuboidea mantenida por los ligamentos calcaneocuboideo plantar y plantar largo.

El **arco transverso** tiene una disposición perpendicular a los anteriores y se establece en el tránsito entre la unidad media y la unidad anterior del pie, de forma que tanto la disposición de las cuñas y cuboides como la de las bases de los metatarsianos se organiza en forma de arco.

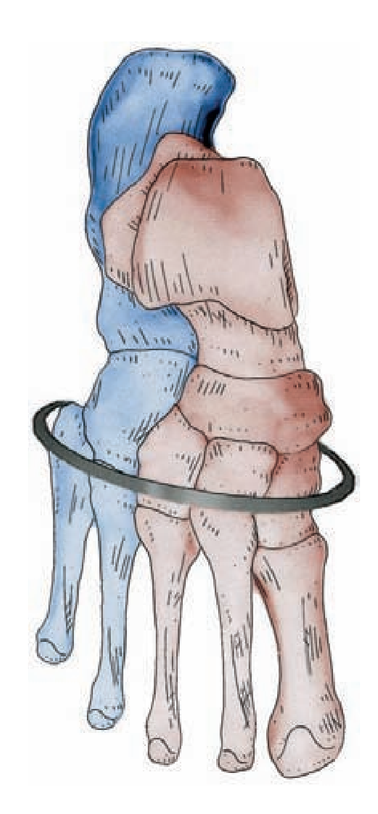


Figura 7-103. Visión dorsal de los arcos plantares. En rojo se representan los componentes del arco plantar interno. En azul se representan los componentes del arco plantar externo. La posición del arco transverso está indicada en negro.



Figura 7-104. Puntos de apoyo del pie. TC: tuberosidades del calcáneo. MI: cabeza del primer metatarsiano y sesamoideos. Los círculos menores indican las cabezas de los restantes metatarsianos.

Puntos de apoyo del pie (Fig. 7-104)

Como consecuencia de la forma abovedada, el pie se comporta como un puente que distribuye la carga que recibe en sus dos extremos. En reposo, la mitad de la carga es soportada por el calcáneo y la otra mitad se reparte uniformemente por la zona de proyección sobre el suelo de las cabezas de los metatarsianos, con excepción del primero, que recibe una carga doble que los demás. La zona de apoyo de los metatarsianos se amplía porque los pulpejos de los dedos se aplican sobre el suelo por la acción del flexor largo de los dedos y del flexor largo del primer dedo.

Durante la locomoción, las carga que recibe el pie estante se distribuyen según un patrón muy bien organizado. En primer lugar, toda la carga se soporta por el talón. A continuación, la carga se distribuye hacia los metatarsianos, primero el quinto y sucesivamente los siguientes hasta el primero, que es el último en recibir la carga. En la etapa siguiente, el talón se descarga de peso, y los dedos actúan como elemento de apoyo para propulsar el cuerpo hacia delante bajo la acción de los músculos flexores plantares del tobillo. En esta fase de propulsión, el primer dedo es el último en liberar su apoyo del suelo.

Factores responsables de mantener la bóveda plantar (Figs. 7-105 y 7-106)

Durante el reposo, el mantenimiento de la curvatura de los arcos del pie es un proceso pasivo que se debe principalmente a la forma de las superficies articulares y a la disposición de las estructuras ligamentosas. Sin embargo, durante la locomoción, el mantenimiento de los arcos requiere la participación activa de fuerzas musculares. Dentro de estos factores activos describiremos por separado los que son específicos para cada arco y los que son comunes para los diferentes arcos.

Factores específicos

En el mantenimiento de arco longitudinal medial, el flexor largo del primer dedo ayudado por el músculo separador del mismo dedo es la fuerza motora específica más importante de este arco.

En el mantenimiento del arco longitudinal lateral intervienen el músculo separador del quinto dedo y el tendón del peroneo largo.

El mantenimiento del arco transversal se debe principalmente a los ligamentos ayudados por el tendón del músculo peroneo largo.

Factores comunes

Como factores comunes para los dos arcos longitudinales es especialmente importante la acción elástica de la **aponeurosis plantar**, que se dispone como la cuerda de

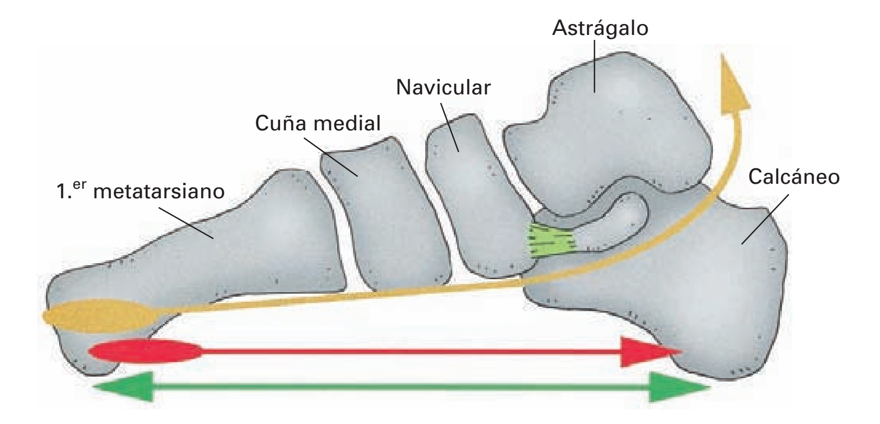


Figura 7-105. Elementos de sustentación del arco longitudinal medial. Verde: aponeurosis plantar. Rojo: músculos cortos del pie. Ocre: flexor largo del primer dedo.

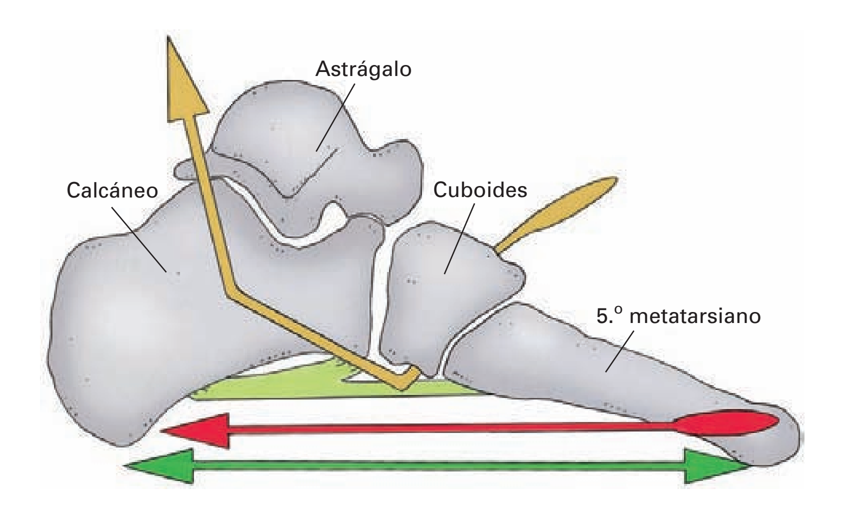


Figura 7-106. Elementos de sustentación del arco longitudinal lateral. Flecha verde: aponeurosis plantar. Flecha roja: músculos cortos del pie. Flecha ocre: músculo peroneo largo. En verde se representan los ligamentos calcaneocuboideo plantar y plantar largo.

un arco respecto a los arcos longitudinales. También interviene de forma común en los dos arcos, el flexor largo de los dedos junto al flexor accesorio, y con menor importancia otros músculos cortos del pie.

Por otro lado, cuando el apoyo se realiza sobre superficies irregulares, tres músculos que se han denominado *estribo plantar* actúan para redistribuir la carga sobre el pie, evitando la concentración sobre puntos que comprometan la bóveda. Los músculos del estribo plantar son el tibial anterior, el tibial posterior y el peroneo largo. Los tibiales, elevando el borde interno del pie, transmiten la carga hacia los dedos laterales, mientras que el peroneo largo, debido al trayecto de su tendón, eleva el borde externo y redistribuye la carga hacia los dedos mediales.

La bóveda plantar está sometida a múltiples alteraciones que causan dolor y disfunción de la marcha. De ellas, el **pie plano** es una afección causada con frecuencia por los hábitos de uso de calzado y falta de ejercicio de los músculos mantenedores de la bóveda. Otras alteraciones del pie como el **pie cavo** en el que se exagera la bóveda suelen ser de origen congénito.

SECCIÓN IV

APARATO DIGESTIVO

CAPÍTULO



Aparato digestivo

ORGANIZACIÓN GENERAL DEL APARATO DIGESTIVO

El organismo humano, como el de cualquier otro animal, obtiene la energía y los materiales necesarios para mantener su estructura y desarrollar sus funciones mediante la ingestión de alimentos.

La *digestión* es el proceso por el cual los alimentos se descomponen en moléculas que pueden ser absorbidas a través de membranas. Estas moléculas son las que proporcionan la energía y los materiales estructurales para el organismo.

El aparato digestivo consta de órganos que permiten la ingestión, la digestión y la absorción del alimento, así como la eliminación de residuos. Está formado por un largo tubo replegado (**tubo digestivo**) que se extiende desde la boca hasta el ano y varias *estructuras asociadas* al servicio de la masticación, la deglución y la secreción de jugos digestivos.

El tubo digestivo comienza en la **boca**, a la que siguen la **faringe**, el **esófago**, el **estómago**, el **intestino delgado** el **intestino grueso** y finalmente, el **ano**. Las estructuras asociadas son el **aparato masticador** y una serie de órganos glandulares que vierten sus secreciones en distintas porciones del tubo: las **glándulas salivales**, el **páncreas**, el **hígado** y las **vías biliares**.

Debe repararse en que mientras el alimento se encuentra en el interior del tubo digestivo, en realidad no está «dentro del cuerpo». Las moléculas entran en el cuerpo cuando se absorben en la pared intestinal y pasan a la sangre. Las moléculas absorbidas son recogidas por un sistema circulatorio especial denominado *sistema venoso porta*, que las transporta al hígado para ser metabolizadas.

> Por eso, en caso de ingestión de tóxicos o venenos se puede tratar de evitar que pasen a la sangre aspirando rápidamente el contenido ingerido mediante un lavado de estómago con una sonda gástrica.

La **boca** es el lugar donde el alimento ingerido es triturado por acción de los **dientes** y trasformado en bolo alimenticio por la acción mecánica de la **lengua** y de la saliva vertida por las **glándulas salivales**.

El bolo alimenticio es conducido al estómago mediante la deglución; ésta consiste en un complejo movimiento de

paso de la boca a la **faringe**, de la faringe al **esófago** y de éste al estómago.

En el **estómago** se almacena transitoriamente el alimento y comienza la digestión mediante la acción del jugo gástrico (en realidad, la digestión comienza con la acción de las enzimas de la saliva). El resultado de este proceso es la formación del *quimo.*

El **intestino delgado** proviene del estómago y consta de tres porciones: **duodeno**, **yeyuno** e **íleon**. Es un tubo muy extenso donde continúa el proceso de digestión y se lleva a cabo la absorción. En el duodeno —la porción inicial del intestino delgado—, se vierten importantes jugos digestivos como la bilis y el jugo pancreático. Debido a la íntima relación anatómica y funcional entre el duodeno y el páncreas, describiremos conjuntamente estos órganos como **complejo duodenopancreático**.

El **intestino grueso** está formado por el **ciego**, el **colon** y el **recto**. En él continúa el proceso de absorción, especialmente de agua y electrólitos, y se elaboran las heces (los restos no digeridos), las cuales se expulsan por el recto en la defecación.

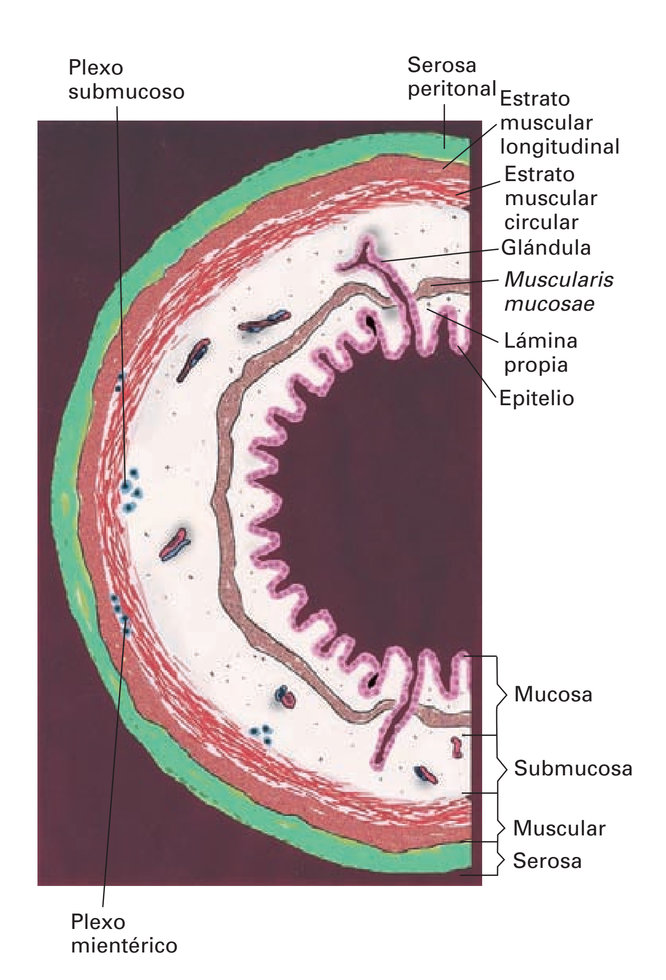


Figura 8-1. Esquema para mostrar la estructura general de la pared del tubo digestivo.

Estructura general (Fig. 8-1)

Aunque cada parte del tubo digestivo está especializada en alguna función, la estructura general es muy similar. La pared del tubo consiste en cuatro estratos: mucosa, submucosa, muscular y adventicia. El grado de desarrollo de estas capas varía a lo largo del tubo digestivo.

La **mucosa** es la capa interna que rodea directamente la luz. Está formada por un **epitelio** que se apoya en una capa conectiva denominada **lámina propia**; por fuera de ella hay una cubierta de musculatura lisa, la **muscularis mucosae**. Puede contener **glándulas**, que consisten en invaginaciones tubulares del epitelio destinadas a la secreción de moco o de agentes digestivos. Las funciones de la mucosa son proteger, segregar productos digestivos o absorber el alimento.

Por fuera de la mucosa se dispone la **submucosa**. Ésta consiste en una capa de tejido conectivo, generalmente laxo, por donde discurren vasos sanguíneos y fibras nerviosas. La submucosa da soporte a la mucosa y sirve de lámina portavasos y portanervios.

La **muscular** rodea la submucosa. Está formada por fibras musculares lisas, salvo en la boca, la faringe y la parte alta del esófago, donde hay musculatura estriada. La musculatura se organiza en dos estratos, uno interno de fibras circulares y otro externo de fibras longitudinales. Esta capa permite los movimientos del tubo para mezclar el alimento y hacerlo progresar. En ciertas zonas, la musculatura lisa se organiza formando *esfínteres* que regulan el avance del alimento abriendo y cerrando la luz del tubo digestivo. El desarrollo de la musculatura de los esfínteres es variable según las zonas, pero su contracción está regulada de forma específica.

La capa más externa ofrece diferencias entre las porciones del tubo situadas por encima o por debajo del diafragma. En la faringe y el esófago consiste en una capa **adventicia** de tejido conectivo que le sirve de aislamiento de los órganos vecinos al tiempo que les une a ellos. En todos los órganos situados por debajo del diafragma, con excepción del recto, el tubo digestivo está envuelto por una **serosa peritoneal**.

La pared del tubo digestivo contiene formaciones linfoides que son de gran importancia en la respuesta inmunitaria dentro del mecanismo general de defensa del organismo. Estas formaciones se integran dentro del denominado **sistema MALT** (véase Sistema inmunitario) y constituyen una primera barrera de reconocimiento frente a agentes externos. Así mismo, su mucosa tiene poblaciones de células que pertenecen al denominado **sistema endocrino difuso** y liberan hormonas reguladoras de la secreción y motilidad digestiva. En el espesor de la pared (submucosa y muscular) del tubo digestivo, desde el esófago al ano, hay abundantes plexos nerviosos (plexos entéricos) muy ricos en células nerviosas. Los plexos entéricos regulan de forma bastante autónoma la función digestiva, si bien se encuentran bajo la influencia de los sistemas simpático y parasimpático.

Las múltiples especializaciones de la función del aparato digestivo, así como su complejidad, ha determinado también la especialización de la medicina que trata de sus enfermedades. Así, la *estomatología* y la *odontología* se ocupan de las enfermedades de la boca y de los dientes, las afecciones de la faringe entran dentro del campo de la *otorrinolaringología*, y la *gastroenterología* se ocupa de la mayor parte de la patología digestiva (desde el esófago al recto).

Evolución

El aparato digestivo es necesario en los animales pluricelulares para incorporar los nutrientes externos. En el curso de la evolución este proceso se complica como consecuencia de una adaptación progresiva a las modificaciones de las características estructurales de los animales y de su modo de alimentación.

En los invertebrados más simples, como las *esponjas*, existen unas células de su cavidad interna que se especializan en la absorción de partículas del agua marina.

La formación de un tubo digestivo interno tiene lugar en tres grandes fases durante la evolución de los invertebrados. En la primera etapa (como se observa en las *medusas*) se forma una cavidad interna invaginada en el cuerpo del animal con una sola abertura. En la pared de la cavidad existen células secretoras que segregan enzimas para transformar moléculas alimenticias y células absorbentes que captan. En una segunda etapa (como se observa en las *planarias*), la cavidad digestiva sigue manteniendo un solo orificio que hace de boca y de ano, pero la cavidad se alarga formando un tubo que se ramifica aumentando su superficie. En la tercera etapa (como se observa en los gusanos del filo nemertinos) aparece ya un tubo digestivo con boca en un extremo y ano en el otro, de modo que la circulación del alimento es continua en una dirección. Este modelo será la base del aparato digestivo de los vertebrados.

A medida que los animales complicaron su estructura, se hizo necesario incrementar la superficie del tubo digestivo con especialización de sus partes para adaptarse mejor a las diferentes fases digestivas.

En los vertebrados primitivos como *Amphioxus*, el tubo digestivo es una bolsa cilíndrica en la que falta el esófago y el estómago, o son muy rudimentarios, y no hay distinción entre intestino delgado y grueso. El estómago aparece en los vertebrados primitivos con mandíbula (peces *gnatóstomos*) y su función es almacenar sustancias que no puede recibir el intestino.

El esófago aparece en los vertebrados terrestres como consecuencia de una disminución de la luz de la faringe por desaparición de las branquias y de un progresivo desarrollo del cuello.

El incremento de longitud del intestino está muy relacionado con el tamaño del animal y el tipo de alimentación. En los vertebrados primitivos y en los peces cartilaginosos (como el *tiburón*) se encuentra un tipo de intestino denominado *intestino espiral*; la luz del tubo está surcada por pliegues espiroideos muy prominentes formados por la mucosa y la submucosa. En los peces *teleósteos* y en los vertebrados terrestres el tubo es más largo, pero no es de tipo espiral. La diferenciación entre intestino delgado y grueso comienza a apreciarse en los anfibios. Excepto en los mamíferos placentados (*euterios*), el intestino grueso se abre a la cloaca junto con las vías urinaria y genital.

Una modificación esencial en la evolución del aparato digestivo es el desarrollo de un aparato masticador; éste hace su aparición con la formación de la mandíbula primitiva de los peces placodermos (véase algunos comentarios evolutivos en el apartado correspondiente).

CAVIDAD BUCAL

La **cavidad bucal** o boca es la porción inicial del aparato digestivo. En ella el alimento ingerido es triturado por los dientes y transformado en bolo alimenticio con la ayuda de la saliva y la lengua. Además, la boca regula de forma fundamental el proceso de vocalización para transformar el sonido laríngeo en lenguaje humano.

Las arcadas dentarias y los rebordes alveolares revestidos de mucosa (encías) dividen la cavidad bucal en dos partes: el vestíbulo y la cavidad bucal propiamente dicha (Figs. 8-2; 8-3 y 8-4).

Vestíbulo bucal

El **vestíbulo bucal** es un espacio estrecho en forma de herradura cóncava hacia atrás, comprendido entre los la-

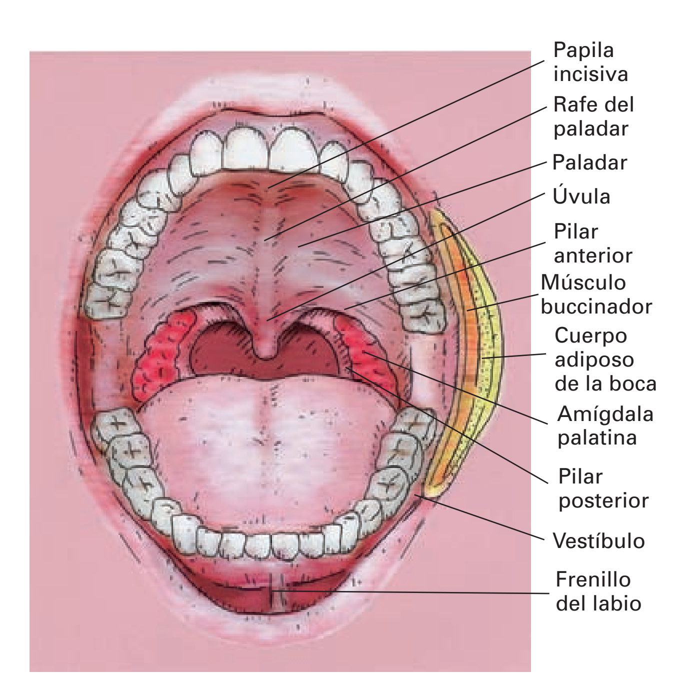


Figura 8-2. Cavidad bucal. En el lado izquierdo, la mejilla ha sido seccionada frontalmente para mostrar su estructura.

bios y las mejillas por fuera, y los arcos dentarios por dentro. Con la boca cerrada, el vestíbulo y la cavidad bucal sólo comunican por los espacios interdentarios y el espacio retromolar.

Los **labios** (Figs. 8-3 y 8-7) son dos repliegues móviles, sensibles y blandos, formados primordialmente por el músculo orbicular de los labios y revestidos de piel y por mucosa. Los labios limitan la hendidura bucal y se unen en el ángulo de la boca mediante las **comisuras labiales**. Cada labio tiene una cara externa o cutánea, una cara interna o mucosa y un borde libre.

La *cara externa* del labio superior está separada de la mejilla por el *surco labiogeniano* (*surco nasolabial*), que se extiende desde el ala de la nariz a la comisura labial; en la parte media presenta una depresión, el **filtro** (*surco subnasal*), que se extiende desde el tabique nasal al borde libre del labio. La cara externa del labio inferior está separada del mentón por el *surco mentolabial*.

La *cara interna* de los labios, revestida de una mucosa delicada y transparente, está unida en la línea media a la encía por un pequeño repliegue, el **frenillo labial** (Fig. 8-2).

El *borde libre* de los labios señala la transición entre la mucosa y la piel; es de color bermellón y el superior es algo distinto del inferior. El superior tienen en la línea media, a continuación del filtro, una pequeña prominencia, el **tubérculo del labio superior**; en conjunto, el límite entre la piel y el borde libre configura «el arco de Cupido». El borde libre del labio inferior es más uniforme.

Las variaciones individuales en el grosor y el aspecto general del borde libre de los labios forman parte de la fisionomía peculiar de los rostros. La disposición del músculo orbicular de los labios es la principal responsable del aspecto del labio.

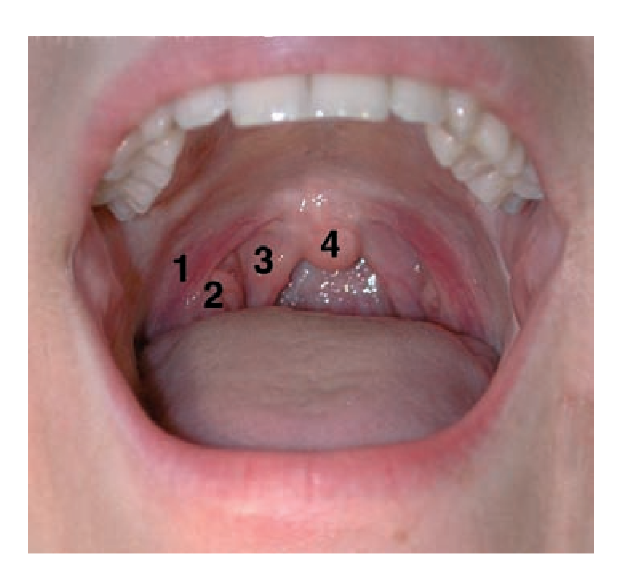


Figura 8-3. Fotografía de la boca. 1) Pilar anterior. 2) Amígdala palatina. 3) Pilar posterior. 4) Úvula.

Estructura

El labio consta de un revestimiento externo cutáneo, que recibe la inserción de algunos músculos faciales, en especial del orbicular de los labios. La *piel* contiene glándulas pilosas, sebáceas y sudoríparas.

Subyacente a la piel está la *capa muscular* ocupada por el mencionado orbicular de los labios y la terminación de los músculos faciales periorales. Entre los fascículos musculares hay pelotones adiposos.

Una *capa de tejido conectivo laxo* separa la musculatura de la capa más profunda, la mucosa labial. La *mucosa* está constituida por un epitelio bucal no queratinizado. En la mucosa y en el tejido conectivo hay *glándulas salivales labiales*.

El *borde libre* es una zona de transición entre la piel y la mucosa. Tiene papilas muy vascularizadas que le dan el color rojizo; carece de folículos pilosos y de glándulas. Está ricamente inervado por fibras nerviosas aferentes sensitivas, y constituye una estructura muy sensible.

El borde libre del labio se humedece por la saliva; en situaciones de frío intenso, de estrés o de inconsciencia tiende a secarse y agrietarse. Se denomina «boqueras» a las excoriaciones que aparecen en esta zona del labio.

Esta zona del labio es uno de los asientos más frecuentes del herpes (**herpes labial**). Ésta es una afección vírica producida por el *virus del herpes simple*, que se caracteriza por la aparición de vesículas dolorosas («sensación de fuego»), generalmente en la zona de las comisuras.

Vascularización

Los labios están irrigados profusamente por las **arterias labiales superior** e **inferior**, ramas de la facial. Además, el labio superior recibe ramos de la **arteria infraorbitaria**, y el labio inferior, de la **arteria mentoniana** (rama de la alveolar inferior).

En estados generales de falta de oxígeno en los tejidos, como sucede, por ejemplo, en algunas enfermedades del corazón, se produce una **cianosis labial**. En la cianosis, el borde libre del labio toma una coloración azulada, porque en esta zona la falta de pigmentación melánica no oculta la escasez de riego sanguíneo.

Los linfáticos drenan en los **ganglios submandibulares**; el labio inferior lo hace, también, a los **ganglios submentonianos**.

> El **cáncer de labio** es más frecuente en el labio inferior. En los fumadores de pipa o en los que mantienen tiempo el cigarrillo en el labio puede producirse la «placa de los fumadores»; se trata de una placa muy queratinizada y dura, que puede ser cancerosa.

Las **mejillas** o *carrillos* forman la parte lateral del vestíbulo y gran parte de los lados de la cara (Fig. 8-3). Su elemento fundamental es el músculo buccinador, que forma su armazón esquelético. Por fuera del músculo se encuentra el **cuerpo adiposo de la boca** (*cuerpo adiposo de Bichat*[1]), la terminación de algunos músculos faciales que se dirigen a la comisura labial, y la piel. El cuerpo adiposo está muy desarrollado en los niños, dando a su cara el aspecto de redondez («papos»). La arteria y la vena facial recorren la mejilla. Medial al músculo buccinador se dispone la mucosa; en ella se encuentran las pequeñas glándulas salivales bucales y, a nivel del segundo molar superior, el orificio de desembocadura del conducto parotídeo.

Cavidad bucal propiamente dicha

La **cavidad bucal** (Figs. 8-2; 8-3 y 8-4) se encuentra por detrás y por dentro de las arcadas dentarias superior e inferior. Su límite posterior es el **istmo de las fauces**, por donde se comunica con la faringe. El techo es el paladar óseo y se cierra caudalmente por el suelo de la boca sobre el que se levanta la lengua, que ocupa gran parte de la cavidad y la reduce a una hendidura cuando está cerrada.

El paladar

El **paladar** (Fig. 8-4) consta de dos partes: el **paladar duro**, que ocupa los dos tercios anteriores y el **paladar blando o velo del paladar**, que forma el tercio posterior. Este último forma parte de la faringe. Así, en sentido estricto, sólo el paladar duro u óseo forma el techo de la boca y la separa de las fosas nasales. Tiene forma de bóveda (Fig. 8-2) y está constituido por la articulación de las apófisis palatinas de los maxilares y las láminas horizontales de los palatinos. La mucosa que reviste la cara bucal del paladar es gruesa, se adhiere al periostio y está formada por epitelio plano estratificado no queratinizado. Presenta en la línea media el **rafe del paladar**, que, hacia delante, termina en un pequeño relieve, la **papila incisiva** (*tubérculo palatino*), en relación con el orificio palatino anterior (Fig. 8-2). De la parte anterior del rafe irradian hacia los lados los **pliegues palatinos transversos** provocados por cúmulos de grasa que ejercen un efecto de almohadilla en la masticación. En la parte posterior de la mucosa se sitúan pequeñas **glándulas salivales palatinas**.

[1] Xavier Bichat (1771-1802), médico y cirujano francés.

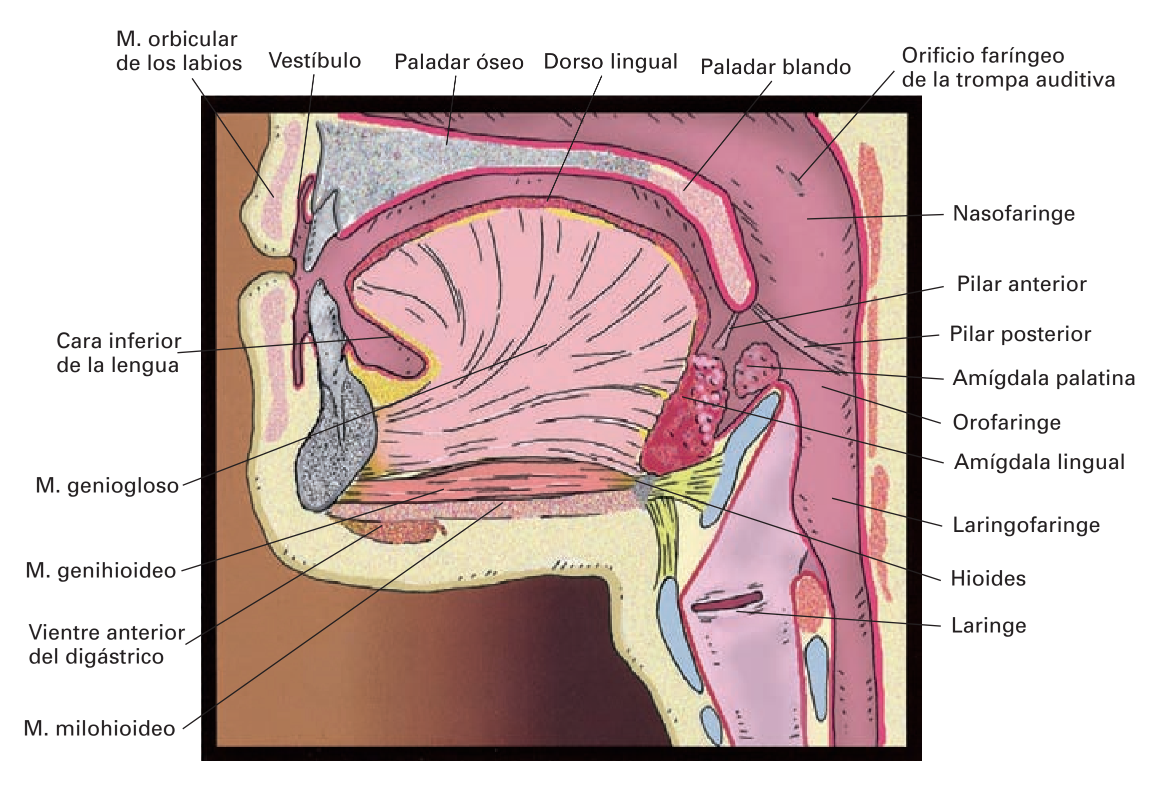


Figura 8-4. Esquema de una sección sagital de la cavidad bucal y de la faringe.

El suelo de la boca

El **suelo de la boca** está formado por el conjunto de partes blandas circunscritas por el cuerpo de la mandíbula anterolateralmente y el hueso hioides por detrás. El armazón del suelo bucal es sobre todo muscular y está constituido por los músculos del suelo de la boca (*músculos suprahioideos*): **milohioideo, geniohiodeo y vientre anterior del digástrico.**

Aunque en sentido topográfico el hueso hioides pertenece al esqueleto del cuello, conviene describirlo aquí para comprender adecuadamente la organización del suelo bucal y la estructura de la lengua.

Hueso hioides

El **hioides**[2] (Figs. 8-5; 8-6 y 8-29) se sitúa en la parte anterior y superior del cuello, en la zona de unión al suelo de la boca, por encima de la laringe. Es un hueso aislado que no se articula con ningún otro. Está unido a estructuras vecinas mediante músculos y ligamentos. Gracias a este dispositivo de fijación, el hioides experimenta desplazamientos cuando se mueven las estructuras a las que está unido. El hioides se fija a la mandíbula, la lengua, la apófisis estiloides, la faringe, la laringe, el manubrio del esternón y la escápula.

Consta de un cuerpo central y dos astas o cuernos laterales, el asta mayor y el asta menor.

El **cuerpo** tiene forma de rectángulo alargado en sentido transversal, con una superficie anterior convexa y otra posterior cóncava. De los extremos arrancan hacia atrás, y algo oblicuas hacia arriba y hacia fuera, las **astas mayores**, que parecen prolongar el cuerpo.

De la unión entre el cuerpo y las astas mayores parten, hacia arriba y hacia atrás, las **astas menores** que consisten en unos relieves óseos pequeños y puntiagudos que, en individuo joven, están separados del cuerpo por tejido fibroso.

Músculos del suelo de la boca
(Figs. 8-4; 8-5 y 8-6)

El **músculo milohioideo**[3] es un músculo aplanado, extendido transversalmente «como un tejadillo» desde la cara interna de la mandíbula a la línea media. Se origina en la línea milohioidea de la mandíbula y termina en gran parte de su extensión entrecruzando sus fibras en un rafe medio tendinoso con las del lado opuesto; las más posteriores se insertan en el cuerpo del hioides. Ambos músculos milohioideos forman **el diafragma oral**, que constituye el armazón fibroso fundamental del suelo bucal.

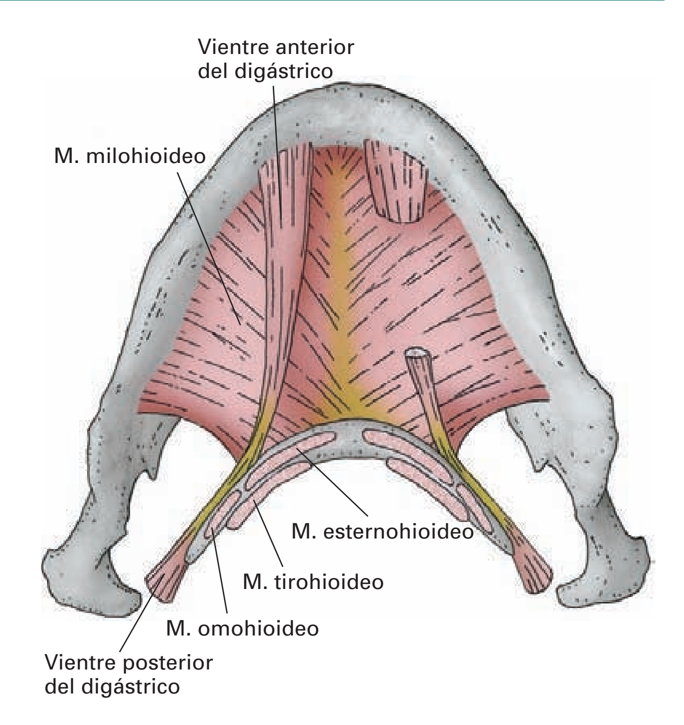


Figura 8-5. Visión inferior del suelo de la boca con el hueso hioides y la mandíbula.

Por encima del milohioideo se dispone el músculo geniohioideo y, por debajo, el vientre anterior del digástrico.

El **músculo geniohioideo** es estrecho y está adosado a su homólogo junto a la línea media, por debajo de la lengua; se origina en la espina mentoniana inferior y termina en el cuerpo del hioides.

Aunque únicamente el vientre anterior del digástrico forma parte del suelo de la boca, describimos aquí el músculo completo y un músculo íntimamente relacionado con él, el estilohioideo.

El **músculo digástrico**, como su nombre indica, está formado por dos vientres musculares alargados, separados por un tendón intermedio. En conjunto, el músculo dibuja un asa, cóncava hacia arriba, extendida entre la mastoides y el mentón, y cuya parte más declive, el tendón intermedio, se dispone por encima del hioides; un lazada de tejido conectivo fija el tendón intermedio al hueso. El **vientre posterior** se origina en la escotadura mastoidea del temporal, y desciende por detrás y por debajo del ángulo de la mandíbula hasta continuarse con el tendón intermedio. El **vientre anterior**, más aplanado, continúa el tendón intermedio, se dirige hacia delante y hacia arriba por debajo del milohioideo y termina insertándose en la fosa digástrica de la mandíbula.

El **músculo estilohioideo** es alargado y fino, y se sitúa por dentro y por delante del vientre posterior del digástrico. Tiene su origen en la apófisis estiloides y termina en el cuerpo del hioides. Junto a su terminación, es perforado

---

[2] Hioides, del griego *hyoeides* = con la forma de la letra griega ipsilon.
[3] Milohioideo, del griego *myle* = molino, por su contribución a moler el alimento en la masticación.

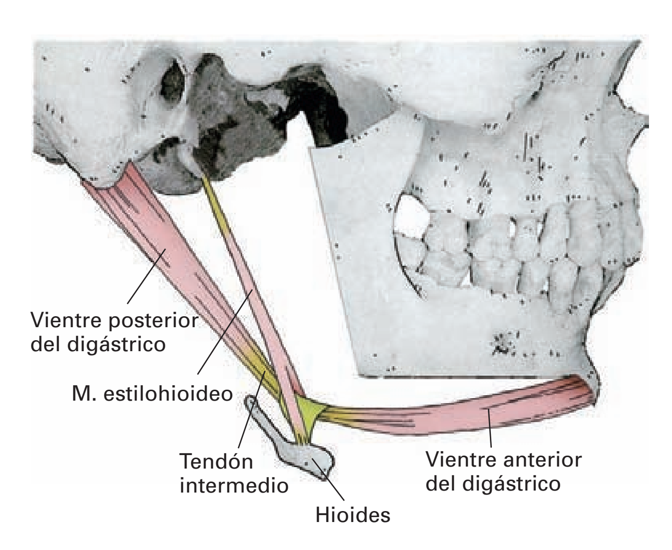


Figura 8-6. Músculos digástrico y estilohioideo. La mandíbula ha sido parcialmente resecada.

por el vientre posterior del digástrico, justo antes de que éste se continúe con el tendón intermedio.

Los músculos del suelo bucal, el milohiodeo y el vientre anterior del digástrico, se palpan bajo la piel, sobre todo al tensar la boca. Participan en la masticación y en la deglución.

Inervación

El músculo milohioideo y el vientre anterior del digástrico están inervados por la rama mandibular del nervio trigémino. El vientre posterior del digástrico y el estilohioideo se inervan por el nervio facial[4]. El músculo geniohioideo recibe fibras del asa cervical (C1) a través del nervio hipogloso.

Por encima del plano muscular emerge, en el centro, la lengua, y, a los lados, entre ella y las arcadas dentarias, la mucosa bucal tapiza los *surcos alveololinguales*. Este surco está separado del plano muscular por el espacio sublingual ocupado por la glándula sublingual; la glándula hace relieve en la mucosa del surco (**pliegue sublingual**), detalle que se aprecia mejor al levantar la punta de la lengua. En el pliegue sublingual desembocan los conductillos de la glándula. En la parte anterior, la mucosa tiene, en la línea media, el **frenillo lingual**, un pliegue que une el suelo de la boca con la cara inferior de la lengua. A los lados del frenillo están las **carúnculas sublinguales**, donde se abren los conductos submandibulares.

[4] La razón de la doble inervación del músculo digástrico estriba en su diferente origen embriológico. El vientre anterior se forma por células mesodérmicas del primer arco branquial (el arco del nervio trigémino), mientras que el vientre posterior se origina a partir de células mesodérmicas del segundo arco (el arco del nervio facial).

APARATO MASTICADOR

El **aparato masticador** es parte del denominado, en ocasiones, *sistema* estomatognático de los vertebrados. Tal *sistema* estaría formado por los dientes y sus uniones con las mandíbulas; por éstas, sus articulaciones y los músculos que las mueven; y también por los músculos deglutores y faciales, la lengua, las glándulas salivales, las encías y mucosas palatinas, bucales y labiales... junto con sus elementos vasculonerviosos. Este conjunto de aparatos se ha especializado durante la filogénesis para morder presas, masticar, deglutir, respirar y emitir sonidos, sean articulados o no. Y también para realizar una eficaz comunicación mímica facial.

Sin embargo, de las estructuras anatómicas mencionadas, el aparato masticador incluye en sentido estricto los **dientes**, el **periodonto**, la **articulación temporomandibular** con sus ligamentos y los **músculos mandibulares**.

DIENTES

Evolución y consideraciones generales

Los dientes son de importancia vital para los vertebrados, aunque una excepción parcial a esta regla son los seres humanos, como se verá un poco más adelante. Todos los vertebrados mudan los dientes durante la vida, pero este cambio más que con el desgaste dental, está relacionado con el crecimiento corporal y particularmente con el de las mandíbulas. Por tanto, los vertebrados no mamíferos reemplazan constantemente los dientes durante toda su vida al tiempo que sus mandíbulas crecen sin parar. En los mamíferos está limitado el recambio dental a la muda completa que se efectúa en la infancia. Pero la *muda* dental también está ligada al crecimiento. Las mandíbulas crecen sólo durante un tiempo relativamente breve. (Algunos mamíferos como la rata, el elefante y otros no mudan su dentición pero sus dientes crecen a lo largo de toda su vida.)

Como resultado, la mayoría de los mamíferos son **difiodontos**, es decir, tienen **dos denticiones**: la **decidual** (también denominada caduca o de leche) y la **definitiva** (o permanente). Al conservar la dentición definitiva durante largo tiempo, los mamíferos están expuestos a muerte por inanición —o por indefensión— debida a desgaste o pérdida dentales excesivos. Los seres humanos pueden subsistir sin dientes gracias a su inteligencia y características sociales, en definitiva, a la capacidad para preparar alimentos. Esto en absoluto significa que los dientes sean superfluos, puesto que su ausencia o deterioro limita seriamente la calidad de vida.

La forma y la disposición de dientes y mandíbulas se han seleccionado durante la evolución. Los procordados (el anfioxo) y los peces *agnatos* (p. ej., la lamprea) no tie-

nen mandíbulas. Desde el momento de su aparición (peces *gnatóstomos)*, la mandíbula superior (**maxilar**) siempre está pegada al neurocráneo y es inmóvil; la inferior (**mandíbula**) es la que se cierra contra el maxilar. A partir de ahí, la diferencia mayor entre las mandíbulas de los vertebrados no mamíferos y la del ser humano se debe a que la ontogenia mandibular humana ocurre en dos tiempos.

El primer tiempo es común para todos los vertebrados. En él aparecen los cartílagos —denominados de **Meckel** y de **Reichert**— de los arcos faríngeos I y II. Estos cartílagos son las mandíbulas definitivas de peces, reptiles y aves. Estas mandíbulas se articulan entre sí directamente. En cualquiera de éstos animales, el maxilar es mucho más grande que la mandíbula. Ésta queda encajada dentro del maxilar al cerrarse la boca, de forma que las hileras dentales respectivas no contactan horizontalmente entre sí. Como regla general, esto limita los movimientos de la mandíbula a los de apertura y cierre de la boca. Los dientes superiores no chocan con los inferiores y, por tanto, la masticación es imposible aunque no la captura y desgarro de las de presas. En el segundo tiempo ontogénico, propio de los mamíferos y del pequeño grupo de reptiles de los que procede el ser humano, los cartílagos de Meynert y Reichert inducen la osificación membranosa secundaria de nuevas mandíbulas mientras ellos mismos desaparecen excepto por sus extremos proximales. Éstos quedan independientes de las nuevas mandíbulas, que no se articulan entre sí directamente sino a través del cráneo, al cual siempre se suelda el maxilar. Los extremos de los viejos cartílagos se osifican para convertirse en los huesecillos del oído medio. Esta disposición permite una audición eficaz, ya que no es perjudicada por los movimientos de la mandíbula. Por su parte, la mandíbula viene a ser sólo un poco más pequeña que el maxilar y los dientes son además más complejos.

El resultado de los cambios producidos es que la arcada dental mandibular se enfrenta y choca contra la maxilar cuando se cierra la boca (**oclusión**) (Figs. 8-7 y 8-8). Las superficies de contacto se denominan **superficies oclusales** y están formadas por las cúspides, crestas, valles y fisuras de los dientes. El máximo contacto (máxima **intercuspidación)** ocurre en la **oclusión céntrica.** Ésta es la posición en la que se puede transmitir mejor la fuerza muscular tras el cierre de la mandíbula. Por añadidura, los mamíferos, y en particular los seres humanos, poseen nuevos movimientos mandibulares, puesto que pueden abrir y cerrar la boca (movimientos de **detrusión** y **surtrusión**) pero también mover la mandíbula hacia delante (**protrusión**), hacia atrás (**retrusión**) y lateralmente (**diducción**) merced a los movimientos permitidos por la nueva **articulación temporomandibular**. A diferencia de sus ancestros y de otros muchos vertebrados, podemos no sólo arrancar y cortar bocados sino también molerlos hasta conseguir una fina papilla adecuada para la deglución y la digestión. No existe máquina trituradora que rinda más eficacia para el tipo de alimentos que ingerimos.



Figura 8-7. Visión anterior de los dientes. Obsérvese la posición de oclusión céntrica.

Morfología dental común

Cualquier diente presenta dos partes *anatómicas* claramente distintas, a saber, la **corona** y la **raíz**, separadas por el **cuello** o **surco cervical** (Fig. 8-9). La **corona** es la parte visible cuando el diente está implantado en el alvéolo y rodeado de una encía sana. Se dice entonces que la **corona anatómica** es igual a la **corona clínica**. La superficie de la corona anatómica está hecha de un material translúcido, el **esmalte,** cuya consistencia es la más dura de nuestro cuerpo. La raíz anatómica está recubierta de un tejido amarillento parecido al hueso, el **cemento**. En ocasiones, el cerco de encía alrededor del diente no coincide con el

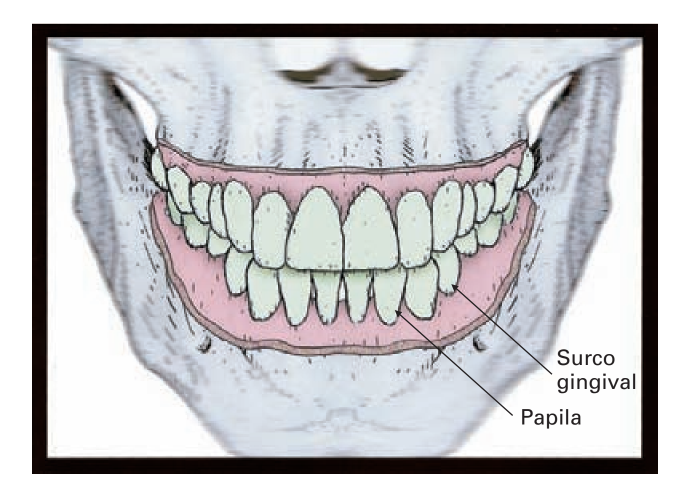


Figura 8-8. Visión anterior de los dientes implantados en los procesos alveolares del maxilar y de la mandíbula. La mucosa de la encía ha sido seccionada en la línea de continuidad con la mucosa de revestimiento de los labios. Obsérvese la posición de oclusión céntrica de los dientes.

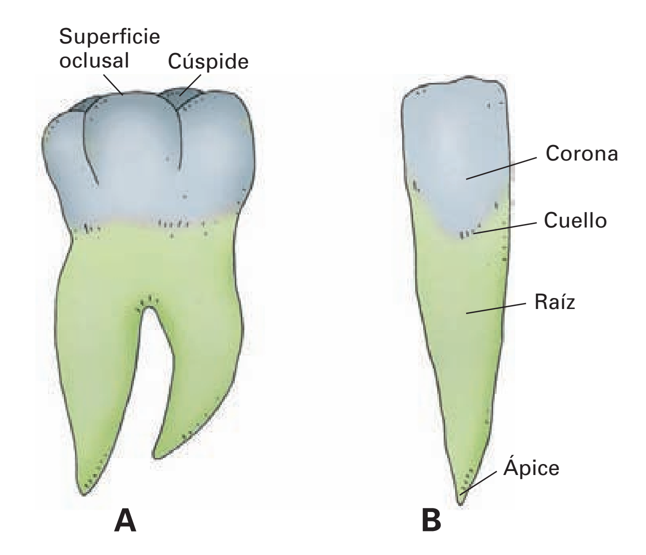


Figura 8-9. Representación esquemática de dos dientes inferiores. A) Molar. B) Incisivo.

cuello, de modo que la corona clínica incluye la corona anatómica y la porción de raíz anatómica visible. Como vemos, las coronas y raíces anatómicas y clínicas no siempre son concordantes, aunque deberían serlo.

> Inmediatamente después de la erupción, el esmalte de cualquier diente está cubierto por una fina película de menos de 2 micrómetros de espesor deniminada **cutícula,** formada por el aplanamiento de los elementos más externos del esmalte; esta cutícula se pierde enseguida por abrasión, especialmente en las superficies con contacto oclusal. Con posterioridad, el esmalte se cubre de **cutícula adquirida;** ésta es una condensación de saliva y detrito que puede ser invadida por microorganismos en caso de una higiene bucal deficiente o por otras causas, originándose entonces la *placa bacteriana*, causa importante de *enfermedad periodontal* o *periodontitis*. La enfermedad periodontal provoca que se deshaga la fijación de la mucosa gingival con el esmalte y el cemento cercanos al cuello (véase más adelante), que la mucosa se retraiga y que, consiguientemente, el ligamento periodontal quede al descubierto. Si la placa bacteriana se extiende a lo largo de la raíz anatómica y finalmente destruye el ligamento periodontal, el resultado inevitable es la caída del diente. La caída del diente puede estar provocada por otro fenómeno patológico, denominado *parodontosis*, consistente en la reabsorción del hueso alveolar y de la mucosa que lo reviste sin que ocurran invasiones microbianas. Los dientes aumentan aparentemente de longitud a expensas de la raíz progresivamente descubierta. Este debilitamiento de la inserción del diente puede provocar también su desprendimiento.

Si se practica una sección longitudinal del diente (Fig. 8-10) se puede apreciar que la corona y la raíz anató-

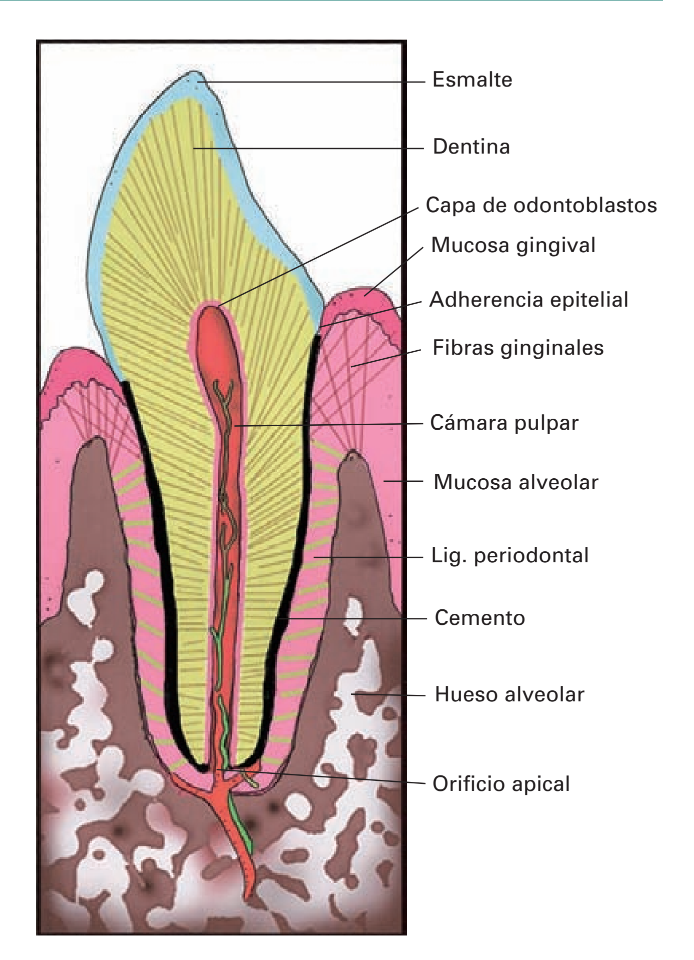


Figura 8-10. Sección longitudinal de un diente incisivo para mostrar su estructura.

micas están hechas, bajo el esmalte y el cemento respectivamente, de un material duro, aunque no tan duro como el esmalte; el **marfil** o **dentina.** El grosor del manto de esmalte ($\sim$1.5 mm) en la corona es mayor que la capa de cemento en la raíz. La dentina posee uno o varios **canales pulpares** a lo largo de la raíz anatómica. El canal pulpar está abierto al ligamento periodontal por uno o varios orificios en el extremo de la raíz o cerca de él (**orificios apicales** y **ápice,** respectivamente). En la corona anatómica termina una **cámara pulpar** que presenta prolongaciones ciegas en la dirección de las cúspides dentales (Figs. 8-11 y 8-12). El canal y la cámara contienen la **pulpa dental,** es decir, el conjunto de *vasos* (sanguíneos y linfáticos) *y nervios* rodeados de tejido conectivo laxo, continuo con el ligamento periodontal, por donde el diente recibe su riego e inervación. Los receptores sensitivos de la pulpa dental son *nociceptores, termoceptores y mecanoceptores de terminación libre o asociada a células de origen epitelial.* La cámara y el canal pulpares están revestidos de una hilera de odontoblastos, y desde esta capa de células surgen finísimos **canales de la dentina** u **odontoblásticos** que penetran en la dentina y contienen la prolongación periférica de un odontoblasto (fibra de *Tomes*) con un fibra

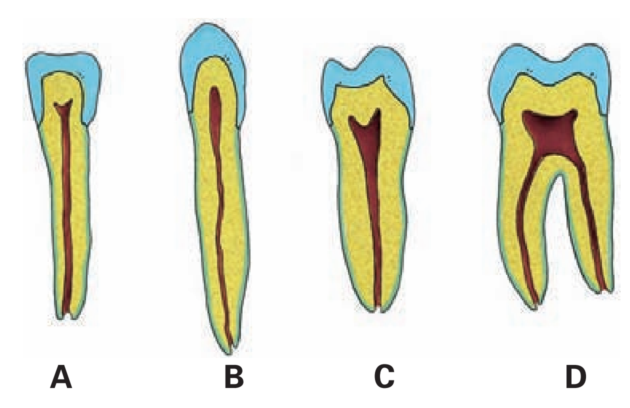


Figura 8-11. Secciones longitudinales de los distintos tipos de dientes para mostrar la forma de las cámaras pulpares. Nótense las pequeñas prolongaciones ciegas hacia las cúspides dentales. Incisivo (A); canino (B); premolar (C); molar (D).

nerviosa de terminación libre o quizás asociada a la célula epitelial.

Las infecciones bacterianas producen, entre otros efectos, inflamación de la pulpa por acumulación local de líquido extracelular en los tejidos blandos infectados. Como la cámara y el conducto pulpar son rígidos y cerrados, la inflamación consecuente a una infección que alcance la pulpa produce un dolor vivísimo por compresión de los receptores nociceptivos. Deben administrarse antibióticos de forma adecuada para combatir la infección y, si es necesario, recurrir a abrir la cámara pulpar o el alvéolo para descomprimir la entrada apical al conducto pulpar. A causa de una infección, puede ser necesario eliminar la pulpa de un diente. Un diente privado de su pulpa queda falto de vida, *desvitalizado,* lo que se manifiesta por el color oscuro que adquiere su corona anatómica en corto tiempo. Las cavidades pulpares de un diente desvitalizado son fácilmente infectadas por microorganismos procedentes de la boca. Si es necesario desvitalizar un diente *(endodoncia),* es conveniente además proceder a su extracción o al sellado completo tanto de su cámara como de todos y cada uno de sus conductos pulpares para evitar el acantonamiento de microbios en ellos y la producción de una inflamación crónica *(pulpitis).* Una pulpitis, como cualquier otra infección dental importante (periodontitis, caries), aunque sea de baja actividad, puede producir toxinas que por vía sanguínea se distribuyen por el organismo y actúan a distancia.

Tras la dentición, los odontoblastos pueden teóricamente producir dentina durante toda la vida. Normalmente, el efecto reparador de esta producción queda limitado a aquellos procesos erosivos que avanzan profunda y lentamente, e incluso entonces la dentina neoformada es escasa e irregular. El diente erupcionado es una estructura con *poca regeneración.* Si se dice que el diente está vivo es porque con su pulpa intacta puede intercambiar sustancias con su medio ambiente (vasos interiores y saliva exterior), lo que puede ser aprovechado para su protección

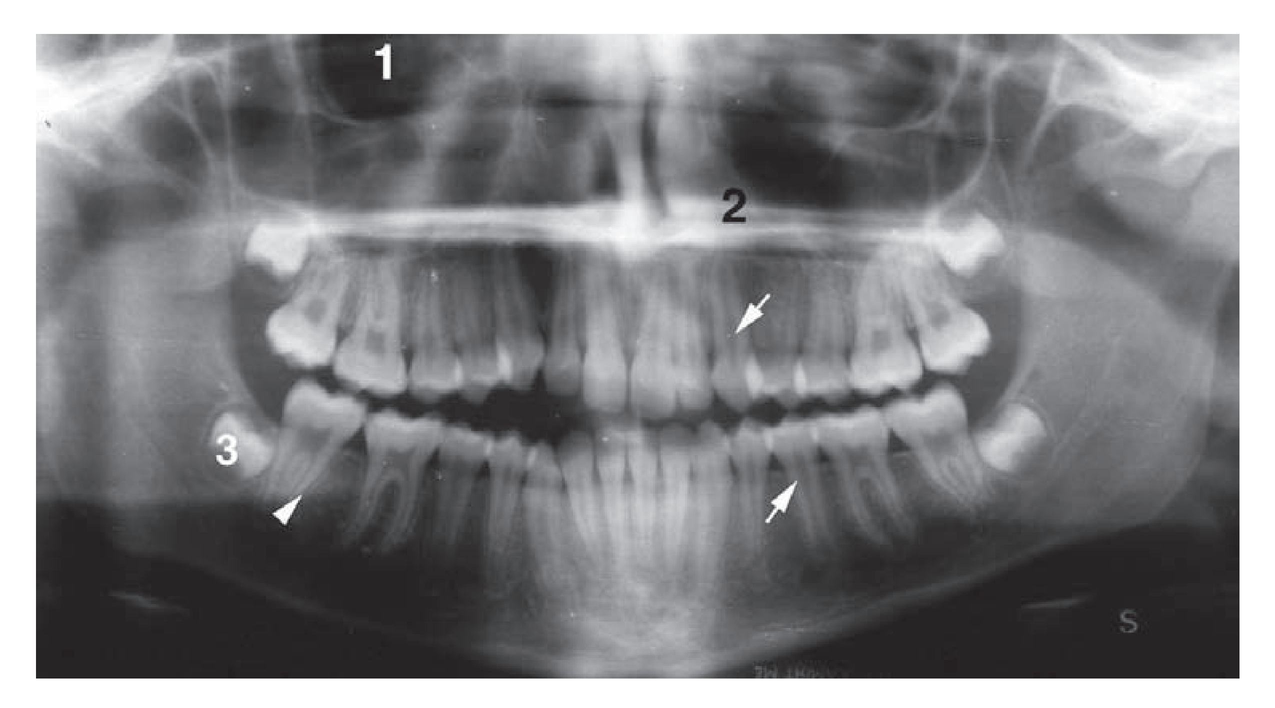


Figura 8-12. La ortopantomografía proporciona una imagen panorámica de ambas arcadas dentarias. 1) Seno maxilar. 2) Paladar óseo. 3) Germen del tercer molar que aún no ha eclosionado. Cámaras pulpares (flechas). Obsérvese el espacio radiotransparente (cabeza de flecha) que corresponde al ligamento periodontal, entre el cemento y la pared alveolar (lámina dura).

mediante la aplicación de compuestos fluorados o de otro tipo.

Gonfosis dentoalveolar y periodonto

Los dientes de casi todos los vertebrados están rígidamente pegados a las mandíbulas por medio de **cemento**. En los mamíferos y en los cocodrilos, los dientes están *atados* a los **alvéolos mandibulares** (Fig. 8-13) por medio de tejido blando traspasado por fibras de colágeno que penetran tanto en el cemento de la raíz del diente como en el hueso del alvéolo (**fibras penetrantes** o *de Sharpey*). El tejido blando y las fibras penetrantes constituyen el **ligamento periodontal**, (Fig. 8-10) cuyo espesor es algo menor de 0.25 mm. Con el ligamento periodontal, la unión dentoalveolar es una articulación fibrosa de tipo ***sinfibrosis*** o ***sindesmosis,*** que por unir una cavidad con su contenido recibe el nombre especial de ***gonfosis***.

La articulación independiente de cada diente permite simultáneamente *movilidad, fijación* y *protección*. La protección es para los elementos vasculonerviosos, que así evitan ser pinzados y traccionados al pasar del hueso alveolar al **ápice**, incluso aunque el diente se mueva. La fijación evita que los dientes se caigan; de ahí la importancia de prevenir las enfermedades que destruyen el ligamento periodontal. Gracias a la movilidad, los dientes puedan variar ligeramente su posición para acomodarse los unos con los otros a causa de su contacto inmediato o por la interposición de los materiales que se muerden y mastican. Los movimientos permitidos por el ligamento periodontal llevan los dientes a las posiciones oclusivas más eficaces. Además, el ligamento periodontal posee mecanoceptores que son excitados por las tensiones y presiones sufridas durante los movimientos del diente en su alvéolo. Esta información es utilizada constantemente de forma *inconsciente* para coordinar la fuerza (*tono*) y el ajuste espacial y temporal (*taxia*) de las contracciones de los músculos masticadores que mueven la mandíbula.

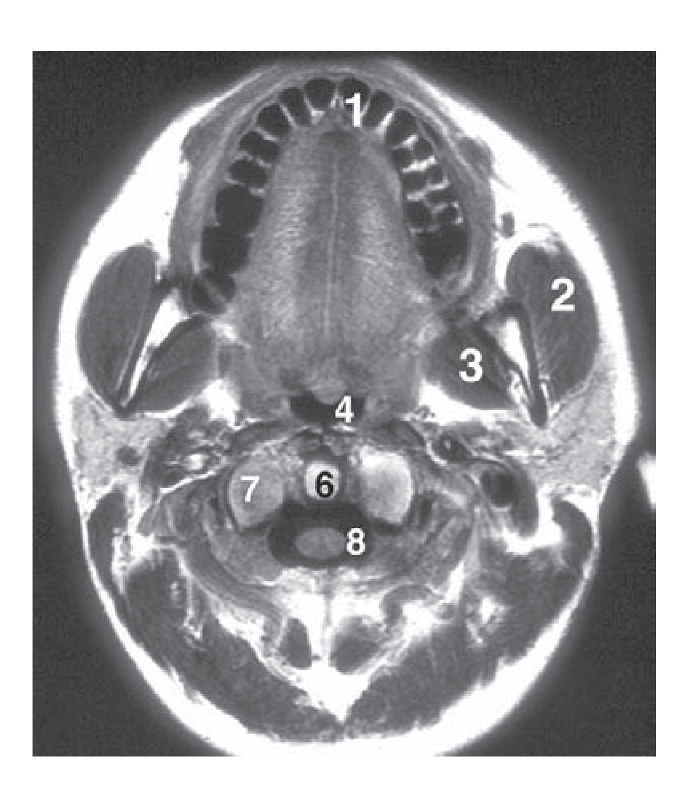


Figura 8-13. RM axial de la cabeza. 1) Reborde alveolar del maxilar. 2) Músculo masetero. 3) Músculo pterigoideo medial. 4) Faringe. 5) Lengua. 6) Apófisis odontoides. 7) Masas laterales del atlas. 8) Médula espinal.

> El ligamento periodontal (como el interior de los dientes, la mucosa gingival y el periostio de la apófisis alveolar) posee además nociceptores, termoceptores y mecanoceptores de terminación libre. A buen seguro, todos podremos recordar ejemplos de la diferente calidad de las sensaciones (roce ligero, dolor, temperatura, presión, movimiento, vibración, mordida de metales y otros elementos duros) que pueden ser percibidas *conscientemente* por la suma de la información originada en los receptores del diente y su periodonto. No obstante, hay que señalar que se sienten los dientes por separado sólo en el caso de los incisivos centrales y los caninos. De los otros, se sabe que *un* diente está siendo estimulado en la región correspondiente pero no *qué* diente.

Al igual que el cemento lo hace con el esmalte dental, el ligamento periodontal se continúa con la **mucosa gingival** a la altura del cuello dental. La mucosa gingival (Fig. 8-10) se adhiere circularmente al ligamento periodontal mediante fibras gingivales y al esmalte mediante uniones epiteliales **(surco gingival)** antes de separarse de la corona dental para recubrir la encía. Su color rosa pálido permite, en muchas regiones bucales, distinguirla con claridad de la mucosa que reviste el resto de la encía **(línea alba)**. Además, la mucosa gingival está más adherida que el resto de la mucosa de la encía al plano óseo profundo de la **apófisis alveolar**, de manera que resalta un borde elevado en el límite de separación entre ambas mucosas. Al conjunto formado por el ligamento periodontal, la mucosa gingival y el cemento dental se le denomina **periodonto.**

Referencias topográficas de los dientes

Cada **arcada dental** (es decir, cada hilera dental más la apófisis alveolar donde está implantada) tiene forma de herradura (Figs. 8-2 y 8-13). Las arcadas dentales dividen la boca en una región vestibular o **vestíbulo** (entre la mucosa de revestimiento interior de los labios y las mejillas y las caras externas de los dientes y las encías) y una **región palatolingual**. De ahí, los calificativos **labial, bucal, dental, lingual** y **palatino** (o palatal) aplicados a las subdivisiones de las dos regiones principales (Fig. 8-14). Las voces vestibular,

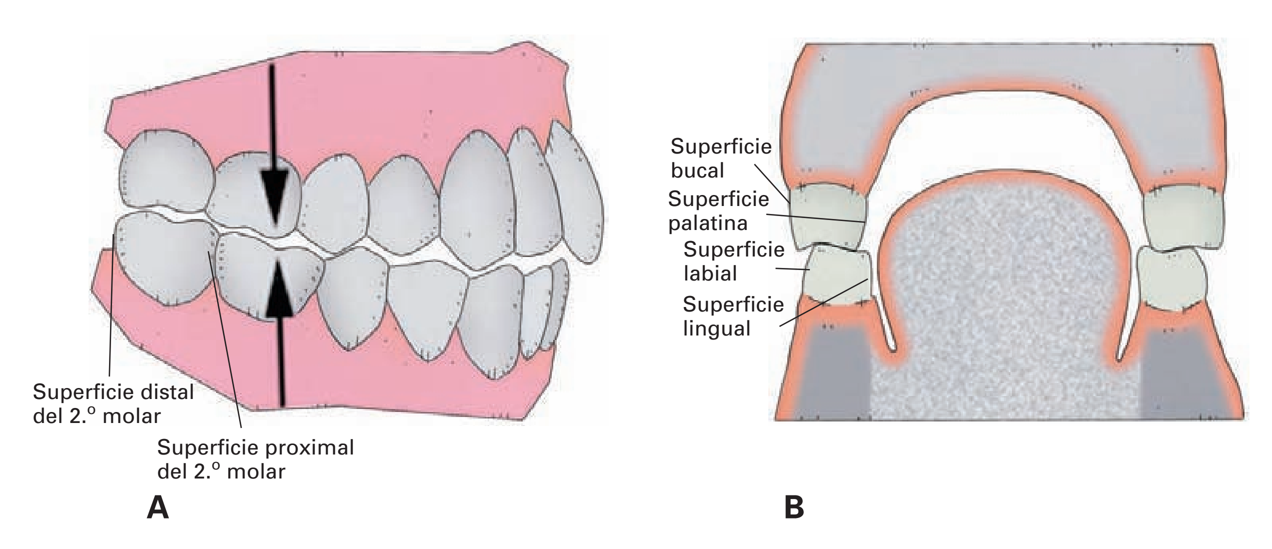


Figura 8-14. Posición de oclusión céntrica normal: el filo de los dientes incisivos inferiores choca con la cara palatina de los superiores. A) Visión lateral; nótese cómo la cúspide mesiovestibular del primer molar superior contacta con el surco mesiovestibular del primer molar inferior (flechas). B) Visión transversal. Los dientes mandibulares son simétricos respecto al plano medio sagital y se disponen lingualmente con respecto a los dientes maxilares.

labial y bucal se usan muchas veces indistintamente. Igual ocurre con los términos palatino y lingual.

En cada diente, las superficies de contacto con los dientes de la otra hilera dental son las **superficies oclusales** y los extremos diametralmente opuestos, los **ápices**. Las caras dentales contiguas en una misma hilera son las **superficies proximales** y, de ellas, se denomina **mesial** a la más próxima a la línea media y **distal** a la más próxima al extremo de la arcada dental. Entre las superficies proximales de los dientes se encuentra el **espacio interdental**, que, en circunstancias normales, está ocupado por una elevación de la encía, la **papila gingival** (Figs. 8-7 y 8-8).

Tras la masticación y deglución, en los espacios interdentales suelen quedar restos de comida. Otra zona potencialmente peligrosa de acumulación de restos de comida es el interior de las fisuras que separan las cúspides en la corona. Estas fisuras pueden penetrar desde la superficie oclusal profundamente en el esmalte. Los restos de comida acumulados en el surco gingival o en las fisuras oclusales pueden contener o ser invadidos por microorganismos, entrar en descomposición y destruir el esmalte adyacente y, subsiguientemente, la dentina. Éste es el mecanismo de producción de la *caries*[5]. En su avance, la caries afecta a los nociceptores presentes en los canales odontoblásticos y finalmente a los receptores de la pulpa dental. Esto es causa de dolor tanto agudo como urente (insidioso, difícil de definir y sostenido) y también de sensibilización, de forma que estímulos normales en otras circunstancias (cambios de temperatura, roces, presiones) pueden provocar dolor. Una vez iniciada la caries —y puesto que el diente no puede regenerar el esmalte, y apenas puede sustituir la dentina— el daño progresa con más o menos rapidez en todos los sentidos. De ahí la necesidad de adoptar medidas preventivas (higiene dental diaria, aplicación de compuestos fluorados, visitas periódicas al odontólogo, sellado de fisuras) o, si la caries ha comenzado ya, reparadoras. Como prevención de caries se administran compuestos fluorados que contienen fluoroapatita, que es más estable que la hidroxiapatita del esmalte y la dentina, a la que sustituye por ósmosis.

Cada hilera dental está dividida en dos **cuadrantes**. El plano que separa los cuadrantes derechos de los izquierdos es el plano mesial, es decir, el que pasa verticalmente entre los incisivos. En cuanto al orden de los dientes en cada cuadrante, los más cercanos al plano mesial se numeran generalmente antes que los siguientes. Existen tres formas de identificación del orden de los dientes en las arcadas mandibulares. Son los sistemas *Universal* (en realidad, norteamericano), de *Palmer* y de *Numeración Internacional.* El Sistema Universal numera los dientes correlativamente de 1 a 32 desde el extremo derecho al izquierdo de la hilera superior, continuando de izquierda a derecha en la inferior. Los otros dos sistemas asignan símbolos o números a cada cuadrante y números correlativos de mesial a distal a los dientes de cada cuadrante. A diferencia de cualquiera de éstas fórmulas dentales, útiles en la profesión odontológica, la fórmula anatómica indica simplemente el número y la calidad de los dientes. Así, la dentición definitiva humana tiene en cada cuadrante dos incisivos, un canino, dos premolares y tres molares; la fórmula de la dentición decidual es 2i-1c-2m.

[5] Caries: putrefacción.

Dentición permanente y morfología dental particular

Los dientes humanos —y por comparación los de cualquier mamífero— se dividen en incisivos, caninos, premolares y molares. Los incisivos y caninos están situados detrás de los labios: son, por tanto, los dientes labiales. Los poscaninos se disponen profundos a la mejilla. Cada diente labial tiene una única raíz; los poscaninos pueden tener una, dos o más. Cualquier diente maxilar es más grande que su homólogo mandibular.

Dientes incisivos (Fig. 8-15)

Son dos, el **central** y el **lateral**, en cada cuadrante; sirven para cortar (incidir) y arrancar. Cuando son jóvenes presentan tres pequeñas *cúspides* alineadas formando un borde o *filo incisivo*. Con el uso, las cúspides se rebajan y queda el filo. Éste también se desgasta progresivamente y pasa a ser un bisel anterior en el que la dentina queda a la vista entre las capas labial y lingual del esmalte.

Los **incisivos maxilares** son más grandes que los **mandibulares**. Los incisivos centrales son más grandes que los laterales. La raíz de cada incisivo es única. La de los maxilares es redondeada mientras que la de los mandibulares es aplanada mesiodistalmente.

En un pequeño porcentaje de la población (2 %) los incisivos maxilares laterales pueden faltar congénitamente.

Canino (Fig. 8-15)

Distal a cada incisivo lateral hay un canino. Los **caninos maxilares** son más grandes que los **mandibulares**, pero todos son grandes y con una sola cúspide, sin filo incisivo ni superficie oclusal. La raíz del canino es la más grande entre las de todos los dientes.

Dientes premolares (Fig. 8-15)

Distalmente a los caninos hay dos premolares en cada cuadrante. Los segundos premolares pueden no aparecer en el 2 % de la población. En visión bucal, los premolares son parecidos a los caninos, aunque más pequeños que el canino de su cuadrante. Sin embargo, la superficie oclusal de cada premolar es compleja, con una cúspide bucal y al menos otra palatolingual. La superficie oclusal de los **premolares maxilares** es oval y la de los **premolares mandibulares** es casi redonda, o a lo más cuadrada, y más pequeña que la de los premolares maxilares. El primer premolar superior, y en ocasiones el inferior, tiene una raíz doble. Los premolares posteriores suelen poseer una raíz única.

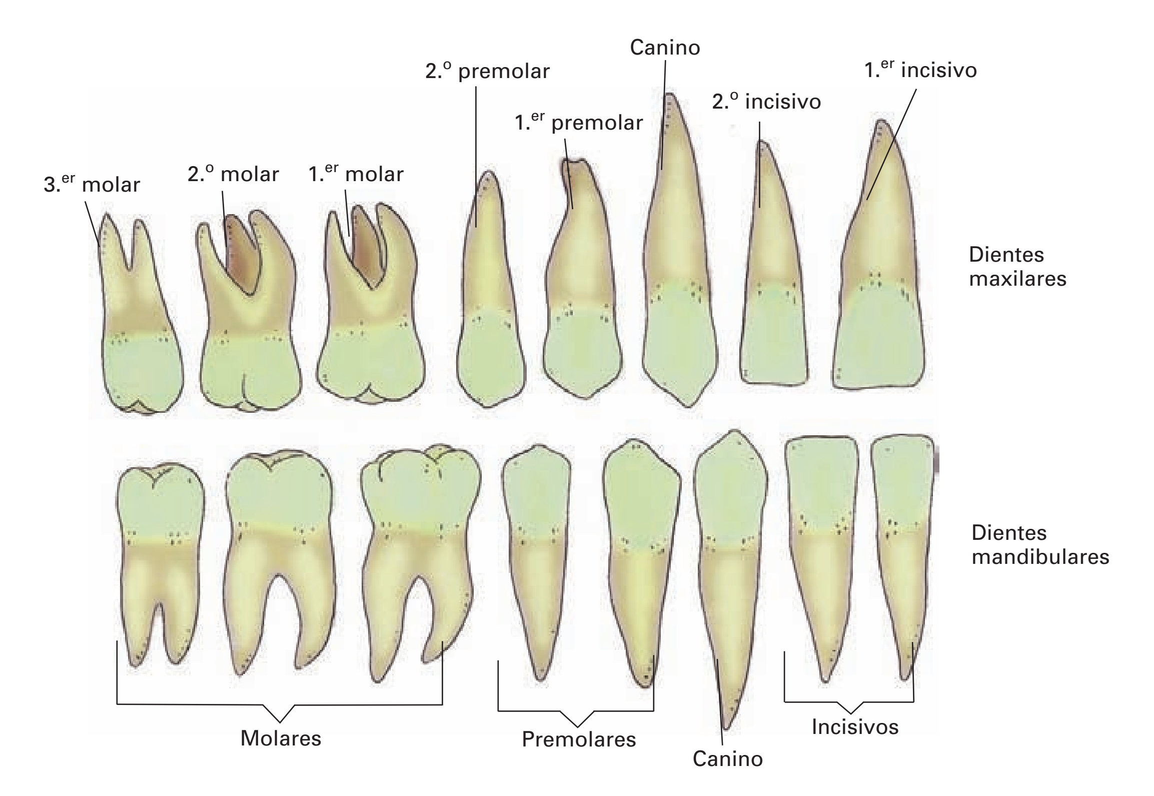


Figura 8-15. Dientes definitivos del maxilar y de la mandíbula del lado derecho vistos por sus superficies bucal y labial.

Dientes molares (Fig. 8-15)

Distalmente a los premolares hay tres dientes molares. Su tamaño disminuiye hacia el extremo distal del cuadrante. Cada molar presenta cuatro (a veces cinco) cúspides situadas en las esquinas de una superficie oclusal que es romboidea en los molares superiores y rectangular en los mandibulares.

Todos los molares superiores tienen tres raíces, excepto el último del cuadrante, que normalmente sólo tiene una raíz. Este molar es, además, más pequeño, e inconstante, de manera que aproximadamente el 25 % de la población no lo presenta. Su forma es muy variable: puede tener sólo tres cúspides. Por falta de sitio hace erupción en la zona donde el extremo distal de la arcada maxilar comienza a ascender hacia atrás y arriba, de forma que la cara oclusal del diente apunta frecuentemente en dirección distoinferior.

> Las raíces palatinas de los dientes bucales superiores están separadas de los senos maxilares por una lámina ósea extremadamente delgada, que puede fracturarse con ocasión de la extracción del diente; en caso de extracción, es necesario estar prevenido para realizar la obturación (mediante un colgajo de mucosa gingival aplicado al alvéolo vacío) de la comunicación producida y para administrar tratamiento antibiótico preventivo a fin de evitar la infección del seno maxilar por microorganismos procedentes de la boca mientras se produce la cicatrización mucosa y la reposición ósea espontánea. Para saber si tras la extracción se ha roto el seno maxilar, se pide al paciente que tome aire y que lo espire con fuerza por las cavidades nasales mientras se mantienen tapadas sus narices mediante una presión fuerte con los dedos. Si existe comunicación, el aire espirado saldrá por el alvéolo vacío. Es importante asegurarse, radiológicamente, que no ha quedado ningún fragmento de la raíz dentro del seno maxilar tras la extracción; si así fuera, deberá retirarse de allí practicando una abertura en sentido oblicuo hacia adentro y hacia arriba a través del techo mucoso vestibular y el suelo óseo del seno maxilar.

Los molares mandibulares tienen dos raíces. El **tercer molar mandibular** también es inconstante. Como no hay sitio para él en la apófisis alveolar, hace erupción en el inicio de la zona retromolar (que es ligeramente curvada hacia arriba) en dirección mesiosuperior, de forma que el diente suele chocar contra la cara distal del segundo molar inferior *(diente impactado*, dentro o fuera de la apófisis alveolar). La forma de este tercer molar inferior es muy variable y puede tener hasta cinco raíces pequeñas. Hace aparición tardíamente, como el tercer molar superior, hacia los 18 años. Por eso los terceros molares se conocen como *muelas del juicio*.

Dentición decidual

Los incisivos, caninos y *premolares* permanentes reemplazan los incisivos, caninos y *molares* (dos) de la dentición decidual. No hay, por tanto, premolares caducos. Pero los molares deciduales son parecidos a los molares definitivos. La forma de los dientes deciduales es, en términos generales, muy parecida a la de sus sucesores, sólo que son más pequeños y más blancos. Las mayores diferencias —que no se describen en este texto— se dan entre los molares de cada dentición. Como los molares permanentes, los molares deciduales maxilares tienen tres raíces y los mandibulares dos. Las raíces de cada molar decidual son muy divergentes entre sí y los esbozos dentales de los premolares permanentes se desarrollan entre ellas.

Los dientes deciduales suelen estar muy gastados cuando son reemplazados. El reemplazo se produce por reabsorción osteoclástica de la raíz del diente decidual, reabsorción que precede al crecimiento del esbozo del diente definitivo. Privado de su raíz, el diente decidual cae y en poco tiempo el diente definitivo que ha venido creciendo junto a él o debajo hace erupción. La Tabla 8-1 ofrece los tiempos de erupción aproximada de los dientes deciduales y definitivos. Hay tres períodos en la dentición humana: una *dentición primaria*, que se extiende desde los seis meses hasta los seis primeros años de vida; una *dentición mixta,* del sexto al decimosegundo año; y una *dentición definitiva*, de los doce años hasta el final de la vida. A pesar de que estén en uso durante la mayor parte de la vida, los dientes definitivos no caen por desgaste o envejecimiento sino por golpes, enfermedades peridentales, paradontales o metabólicas (p. ej., escorbuto por falta de vitamina C).

Inervación

Las **ramas maxilar** y **mandibular** del **nervio trigémino** recogen la sensibilidad de la región maxilar y mandibu-

Tabla 8-1. Edad de eclosión de los dientes humanos (existe una considerable variación en las fechas)

Dentición decidual	
Incisivos centrales	6-8 meses
Incisivos laterales	8-10 meses
Primeros molares	12-16 meses
Caninos	16-20 meses
Segundos molares	20-30 meses
Dentición definitiva	
Primeros molares	6-7 años
Incisivos centrales	6-8 años
Incisivos laterales	7-9 años
Caninos	9-12 años
Primeros y segundos premolares	10-12 años
Segundos molares	11-13 años
Terceros molares	17-21 años y más

lar, respectivamente. Los dientes y sus ligamentos periodontales reciben inervación de los plexos alveolares (plexos dentales). Las encías y el resto de la mucosa de la boca lo hacen de otros ramos nerviosos. Ambas inervaciones se solapan hasta cierto punto en la mucosa gingival.

Los dientes situados en el hueso maxilar reciben inervación de los **nervios alveolares superiores posteriores** (dos de estos nervios son realmente dentales y el restante es para las encías posteriores y zonas de mucosa bucal vecinas), del **nervio alveolar superior anterior** y de un inconstante **nervio alveolar superior intermedio**. Todos los nervios alveolares superiores son ramos del **nervio infraorbitario**. En el **antro alveolar o dental del hueso maxilar**, los nervios alveolares superiores posteriores forman un plexo nervioso, el nervio intermedio otro y el anterior otro más. Aunque los **tres plexos** se anastomosan entre sí (y el plexo anterior lo hace además ampliamente con el del otro lado), se admite que normalmente el plexo posterior inerva los dientes molares, el intermedio los premolares y el anterior el canino, los incisivos y al menos el incisivo central del otro lado. Los nervios alveolares superiores también alcanzan a inervar la mucosa del seno maxilar y de la región maxilar de la boca. Sin embargo, las regiones posteriores de ésta también son inervadas por ramos del **nervio bucal** y las anteriores por **ramos labiales superiores del nervio infraorbitario.** La mayor parte del paladar y la vertiente palatina de la encía superior es inervada por el **nervio palatino mayor**. No obstante, la mucosa palatina y gingival posterior a los incisivos (derivada del *paladar primario* embrionario) es inervada por el **nervio nasopalatino.** Todos estos territorios de inervación son de extensión variable y están imbricados unos con otros. Por ello, la anestesia de la arcada superior por medio de infiltración local es más aconsejable que la realizada por bloqueo nervioso.

Los dientes poscaninos mandibulares son inervados por ramos del **nervio alveolar inferior** desprendidos *dentro* del **conducto mandibular**. Al final del conducto, justo *antes* del **orificio mentoniano**, otros ramos nerviosos forman un **plexo intraóseo** que inerva los incisivos homolaterales y con frecuencia también los incisivos del otro lado. El canino puede ser inervado por el plexo o por ramos alveolares posteriores a él. El **nervio mentoniano** inerva la mucosa labial inferior y de la encía labial adyacente. El vestíbulo no labial es inervado por el **nervio bucal**, mientras que la encía lingual lo es por el **nervio lingual**.

Para anestesiar los dientes y ligamentos periodontales, el nervio alveolar inferior puede bloquearse a su entrada al conducto alveolar. Sin embargo, la infiltración local es eficaz por las mismas razones comentadas anteriormente.

ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR

Las mandíbulas no se articulan entre sí directamente. El maxilar está soldado al cráneo, que incluye el hueso temporal. Los movimientos mandibulares son los permitidos por la **articulación temporomandibular**. La articulación temporomandibular une el **hueso temporal** con el **cóndilo de la mandíbula** (Figs. 8-16; 8-17; 8-18 y 8-19). La articulación es *anterior* al hueso timpánico, *lateral* a la espina del hueso esfenoides, *medial* a la raíz posterior de la apófisis cigomática e *inferior* a la fosa craneal media. Es la única articulación móvil del cráneo adulto, a excepción de las uniones entre los huesecillos del oído medio.

Hay una articulación temporomandibular a cada lado del cuerpo que actúan de manera conjunta formando un complejo articular denominado *articulación craneomandibular*.

Elementos óseos
(Figs. 4-11; 4-12; 4-19; 4-20 y 4-27)

La **superficie articular temporal** mira hacia abajo y se enfrenta al **cóndilo** de la mandíbula, que rota y se desplaza debajo de ella. Está formada por la **fosa mandibular** y el **tubérculo articular**. La porción articular del tubérculo es la **cresta** (que es roma) y la ancha **vertiente posterior**. Esta superficie se completa hacia atrás con la fosa mandibular. Aunque toda la fosa mandibular está dentro de los

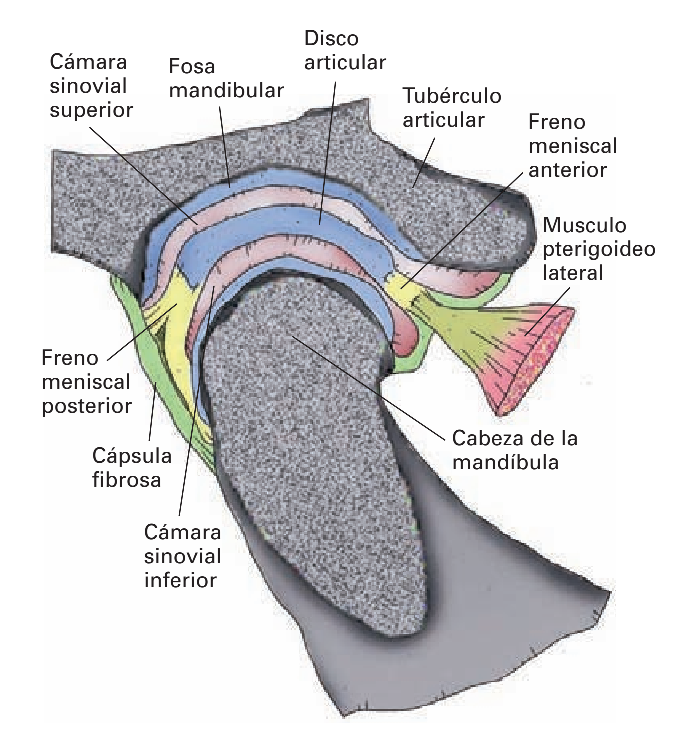


Figura 8-16. Sección sagital esquemática de la articulación temporomandibular.

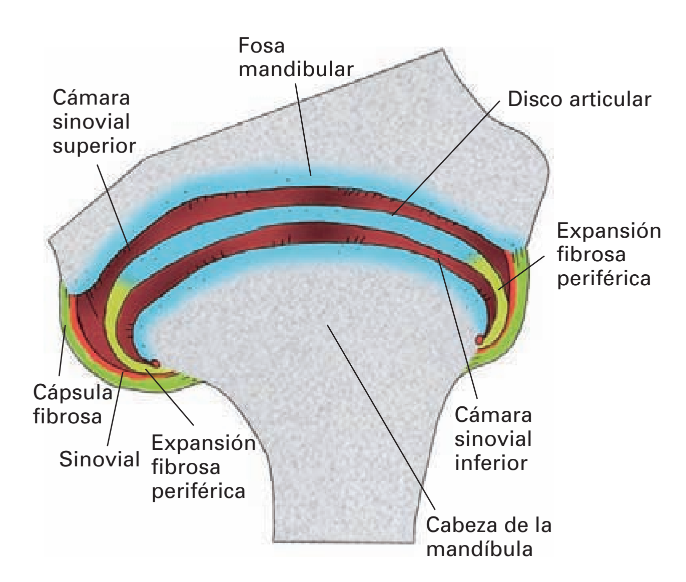


Figura 8-17. Sección frontal esquemática de la articulación temporomandibular.

límites de la cápsula, no toda es propiamente articular: sólo sus tres cuartos anteriores (**cara articular** o *cavidad glenoidea*) están recubiertos de **fibrocartílago**, el cual se extiende sin interrupción hasta la cresta del tubérculo articular.

El fibrocartílago es *avascular* y mucho más rico en fibras que en cartílago; es delgado en la fosa mandibular (donde contiene algunas células cartilaginosas) pero grueso en la cara posterior del tubérculo articular. Ésto indica que el roce y la presión ejercidos por el cóndilo son mucho mayores aquí que en la cavidad glenoidea, en la que el cóndilo de la mandíbula sólo entra al cerrarse la boca (véase más adelante).

La superficie articular temporal es ligeramente más ancha que larga. Es además irregular: concavoconvexa —en forma de tilde de ñ— en sentido posteroanterior y cóncava transversalmente. Su eje mayor es oblicuo de fuera adentro y de delante atrás, orientado hacia la línea media vertical que pasa aproximadamente por el borde anterior del orificio occipital.

Bajo la superficie temporal se dispone el **cóndilo o cabeza de la mandíbula**. El eje mayor del cóndilo de la mandíbula, o *eje condíleo*, presenta una orientación oblicua paralela a la del eje mayor de la fosa mandibular; su prolongación se cruza con la del otro lado formando un ángulo de 130° en el punto medio situado bajo el tercio anterior y los dos posteriores del orificio occipital. El cóndilo presenta dos polos prominentes. El **polo lateral** del cóndilo sobresale del cuello mandibular menos que el **polo medial**. Aún así puede palparse por delante del trago auricular y bajo la raíz cigomática cuando se desplaza bajo la piel cuando se abre y cierra la boca. Toda la superficie articular del cóndilo está recubierta de una capa continua



Figura 8-18. TC de la cabeza. 1) Cóndilo mandibular. 2) Tubérculo articular del temporal. 3) Conducto auditivo externo. 4) Apófisis coronoides. 5) Fosa yugular. 6) Orificio carotídeo inferior. 7) Seno maxilar. 8) Seno esfenoidal.

de **tejido fibroso** *avascular*, más gruesa sobre su porción posterior (la verdaderamente articular).

Disco (Figs. 8-16; 8-17 y 8-19)

Entre las superficies articulares se dispone un **disco articular**, en el que se distingue una *porción articular* y unas *expansiones fibrosas de inserción.*

La *porción articular* del disco es una estructura fibrosa con forma ovalada cuyo *eje mayor* está alineado con el eje oblicuo articular. Aunque, en general, el disco es más grueso en su mitad posteromedial y más fino en la anterolateral, muestra un *rodete* periférico más abultado. La existencia de este rodete determina que las caras tanto superior como inferior de la porción articular del disco sean cóncavas (aunque en cortes parasagitales *todo* el disco ofrezca una sección en forma de tilde de ñ dispuesta de atrás a adelante). Las caras articulares son extremadamente *lisas, avasculares* y ligeramente *elásticas.* Esto, junto con las propiedades de los frenos meniscales y el líquido sinovial (véase más adelante), posibilita que el rodete se comprima y resbale bajo las presiones ejercidas por el cóndilo mandibular y el tubérculo articular temporal para rellenar los vacíos intraarticulares.

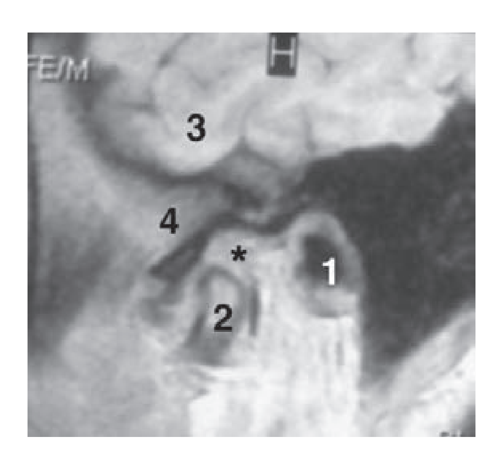


Figura 8-19. RM sagital de la articulación temporomandibular. 1) Conducto auditivo externo. 2) Cabeza de la mandíbula. 3) Polo temporal del cerebro. 4) Tubérculo articular. Disco articular (*).

El rodete periférico del disco se continúa con una larga, blanda y vascularizada *expansión periférica fibrosa* que se inserta en los **polos condíleos** *lateralmente*, y en la **cápsula articular** *anterior y posteriormente*. La *inserción lateral* en los polos condíleos permite que el disco siga al cóndilo en los movimientos de éste. Las *inserciones en la cápsula articular* son los *frenos meniscales anterior y posterior*, que regulan los movimientos del disco. Así, en su *inserción en la región anterior de la cápsula articular*, el disco recibe fibras del tendón de inserción de la **cabeza superior del músculo pterigoideo lateral**, que también se inserta en la *cápsula* y en el *cuello mandibular* vecino, y que causan el desplazamiento conjunto de disco, cápsula y cóndilo cuando éste es traccionado hacia delante. Por su parte, la inserción del freno meniscal posterior en la cápsula articular está reforzada mediante una doble banda de tejido parcialmente fibroelástico, la *lámina retrodiscal*. Las fibras de la *banda superior* de ésta se insertan en la fisura timpanoescamosa y en la fosa mandibular no recubierta por fibrocartílago. Las de la *banda inferior* se insertan en el cuello mandibular. Entre las inserciones superior e inferior de la lámina retrodiscal hay *tejido fibroso areolar y vascular*, unido directamente con la cápsula articular. Por la elasticidad de sus fibras, la lámina retrodiscal superior ajusta la situación del cóndilo en los desplazamientos anteriores y rotatorios. A diferencia de las superiores, las fibras inferiores de la lámina retrodiscal no son elásticas y, con la ayuda de las superiores, recolocan el disco durante los movimientos del cóndilo hacia atrás y rotatorios.

A partir de los cincuenta años de edad el disco pierde su consistencia normal, se hace más rígido, se aplana e incluso se perfora en su centro. Este proceso puede considerarse como acompañante normal del envejecimiento, pero puede aparecer demasiado pronto o acentuarse si la articulación ha sufrido microtraumatismos repetidos. El proceso degenerativo discal puede manifestarse por ruidos (**crepitaciones o chasquidos**) audibles durante los movimientos articulares.

Cápsula

La cápsula fibrosa (Figs. 8-16; 8-17 y 8-20) en el temporal se inserta en los límites de la superficie articular. En la mandíbula se fija anteriormente en la línea de terminación del fibrocartílago que reviste el cóndilo, para descender por ambos lados oblicuamente hacia abajo y atrás de forma que posteriormente la inserción es más baja, en el comienzo superior de la rama mandibular dejando espacio para la inserción inferior de la lámina retrodiscal.

Es interesante observar que la inserción posterior y lateral de la cápsula en las estructuras óseas favorece la contención de los movimientos del cóndilo en sus desplazamientos posteriores y laterales. En cambio, para facilitar las excursiones y rotaciones anteriores, la *inserción de la cápsula* es superiormente muy *anterior, en el tubérculo articular*, y deja inferiormente un **receso** *entre el freno meniscal anterior* y la inserción anteroinferior en el cóndilo. Al ser traccionado por la **cabeza superior del músculo pterigoideo lateral**, este trasfondo sigue al conjunto disco/cóndilo en sus movimientos hacia adelante bajo el tubérculo articular, evitándose así el pinzamiento de la cápsula.

Las *fibras superficiales* de la cápsula son verticales y saltan del hueso temporal a la mandíbula. A través de un *ojal* situado anteromedialmente, las fibras exteriores dejan pasar las de inserción discal de la cabeza superior del músculo pterigoideo lateral. Las *fibras profundas* se imbrican con las de las expansiones fibrosas periféricas del disco, de forma que se delimitan dos **compartimentos articulares,** el

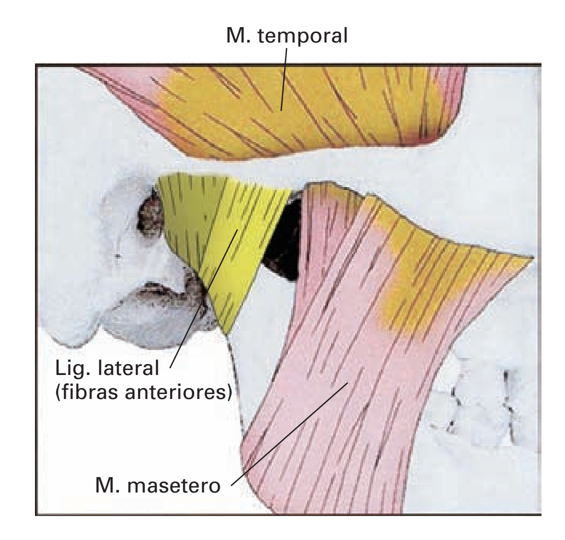


Figura 8-20. Visión lateral de la articulación temporomandibular.

superior y el inferior. Los compartimentos articulares descritos están revestidos interiormente de **membrana sinovial** y contienen en conjunto no más de dos o tres gotas de líquido sinovial.

Inervación

La **porción anterior de la cápsula articular** está inervada por un ramo del nervio maseterino y la **posterior** por dos ramos del nervio auriculotemporal.

Ligamentos

Varios factores contribuyen a que se mantengan las relaciones correctas entre el cóndilo de la mandíbula, el disco y la superficie articular del hueso temporal, tanto en reposo como durante los movimientos articulares.

En primer lugar, el disco es fundamental por su movilidad y elasticidad. Tanto es así que cualquier cambio en su forma o en su consistencia —en particular en el rodete periférico— que altere el contacto adecuado del disco con el cóndilo de la mandíbula o con la superficie articular del hueso temporal provoca la aparición de afección articular, caracterizada por dolor y por disfunción.

En segundor lugar, hay que tener presente que, como ocurre en la mayoría de las articulaciones móviles, el tono muscular es el elemento que proporciona más estabilidad articular.

El tono muscular no debe ser, sin embargo, tan intenso que lleve a una situación de oclusión dental permanente: con la articulación en reposo, los labios deben estar en contacto pero no así los dientes. Un contacto dental permanente o cuasipermanente (por ejemplo, en el bruxismo) produce un desgaste dental y articular prematuros y disfunción y dolor articulares.

En tercer lugar, hay que considerar los ligamentos articulares. Los hay intrínsecos y extrínsecos. En conjunto, los ligamentos ayudan a mantener la mandíbula suspendida del cráneo al tiempo que limitan sus movimientos excesivos. Además, los ligamentos intrínsecos refuerzan la cápsula articular.

Ligamentos intracapsulares

Aunque existe un refuerzo de las fibras mediales de la cápsula articular, denominado en ocasiones **ligamento medial,** éste no tiene gran resistencia.

Las fibras verticales superficiales de la porción lateral de la cápsula son las únicas fibras capsulares que poseen importancia como elementos estabilizadores de la articulación. Dichas fibras forman el **ligamento lateral** (Fig. 8-20). Éste tiene forma de abanico semiabierto, con su vértice, amplio, insertándose en el cuello mandibular y su borde a lo largo de la raíz posterior de la apófisis cigomática. Las *fibras* más *anteriores* de este ligamento son las más gruesas, oblicuas y superficiales

Cuando la mandíbula se desplaza hacia atrás (*retrusión*), son las *fibras oblicuas* del ligamento lateral las que más resisten. En la fase inicial del movimiento de apertura de la boca, las *fibras anteriores y oblicuas* del ligamento lateral también se tensan porque, como se sabe, el disco y el cóndilo se deslizan juntos hacia adelante bajo el tubérculo articular al tiempo que el cóndilo rota y opone su punto de máxima excentricidad al del tubérculo articular. Por ello, aumenta la distancia entre las inserciones superior e inferior de la región anterior de la cápsula. Cuando el cóndilo sigue rotando para aumentar la apertura bucal esta distancia se acorta, por lo que *las fibras anteriores y oblicuas* se relajan, y vuelve a recaer la función suspensoria en la *totalidad del ligamento.* En los desplazamientos del cóndilo hacia el plano medio las fibras internas de la cápsula articular no oponen una resistencia significativa. Es el ligamento lateral de la cápsula del otro lado el que limita el movimiento, junto con los ligamentos extrínsecos y la contracción muscular.

Ligamentos extrínsecos o accesorios (Fig. 8-21)

Son independientes de la cápsula articular. *Estabilizan* la articulación porque *suspenden* la mandíbula, pero apenas limitan los movimientos de ésta. Son los **ligamentos esfenomandibular, estilomandibular** y **pterigomandibular** junto con la **fascia interpterigoidea**

El **ligamento esfenomandibular** es medial a la cápsula articular. Se tiende oblicuamente de la espina del esfenoides a la língula de la mandíbula y la zona de la rama mandibular posterior a ella. Suspende la mandíbula por el denominado eje compensado de rotación mandibular (véase Biomecánica articular en este capítulo).

Algunas de las fibras de la inserción en el labio de la fisura petrotimpánica pueden continuarse a través de la fisura hasta la apófisis anterior del martillo; esta es la inserción embrionaria primordial (ligamento **temporomandibular**). Según algunos, esto explica la sordera producida al bostezar, resultante de la tracción causada al martillo por el ligamento; otros atribuyen esta sordera a la contracción del músculo tensor del tímpano (por su inserción en el martillo) concomitante al bostezo.

Algunos autores consideran que el ligamento esfenomandibular es parte de la **fascia interpterigoidea** . Ésta es un plano fibroso suave, oblicuo de atrás adelante y de fuera adentro que continúa, debilitándose progresivamente, el ligamento esfenomandibular entre los músculos pteri-

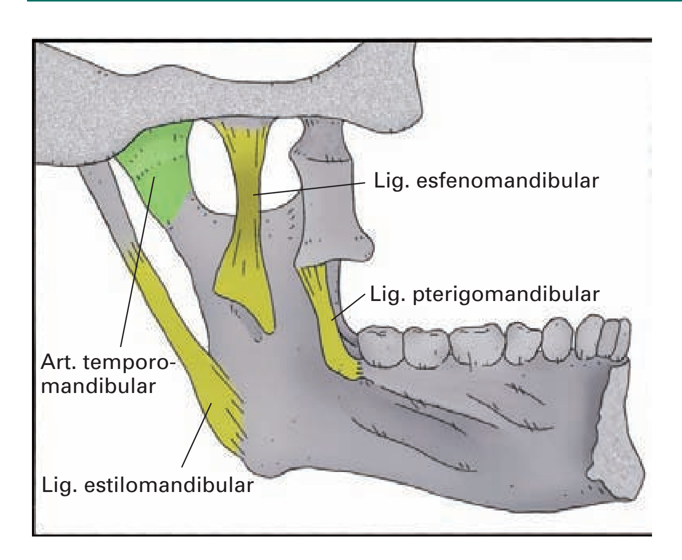


Figura 8-21. Visión medial de la articulación temporomandibular mostrando los ligamentos extrínsecos.

goideos. Se inserta en el cráneo medial y paralelamente a la cápsula articular hasta alcanzar el borde medial del orificio oval. De aquí pasa a insertarse en el borde de la lámina lateral de la apófisis pterigoidea para confundirse inferiormente con la fascia bucofaríngea. El borde inferior de la fascia interpterigoidea se extiende desde la inserción del ligamento esfenomandibular hacia adelante y abajo, y la fascia es atravesada en este trayecto de fuera adentro por los nervios lingual y milohioideo. La porción superoanterior de la fascia es débil y está perforada por vasos, nervios y músculos.

El **ligamento estilomandibular** es posteromedial a la cápsula articular. Salta de la apófisis estiloides hacia adelante y abajo, al borde medial del ángulo de la mandíbula; algunas de sus fibras continúan hasta el asta menor del hioides**.**

El **ligamento pterigomandibular** es anteromedial a la cápsula articular y constituye el rafe de inserción de los músculos constrictor superior de la faringe y bucinador**.** Une el gancho de la lámina medial de la apófisis pterigoides con la zona retromolar de la mandíbula. Tiene importancia añadida porque es una referencia en la anestesia del nervio alveolar inferior.

MÚSCULOS MASTICADORES

Aunque intervienen en otras funciones —como la *deglución, la mímica y la articulación de la palabra*— los músculos mandibulares son, pues, la parte fundamental del aparato masticador (Figs. 8-22; 8-23; 8-24 y 8-25). Se agrupan alrededor de la mandíbula en dos grupos principales: el elevador y el depresor. Los *músculos elevadores* son, de medial a lateral, el **músculo pterigoideo medial, el músculo temporal y el músculo masetero**. Otro músculo, el **músculo pterigoideo lateral**, ejerce importantes *acciones complejas* (depresoras, elevadoras, lateralizadoras y estabilizadoras). Los restantes *músculos depresores* son el **músculo milohioideo y el vientre anterior del músculo digástrico**. De ellos, sólo haremos aquí referencia a su acción masticadora (véase Suelo de la cavidad bu-

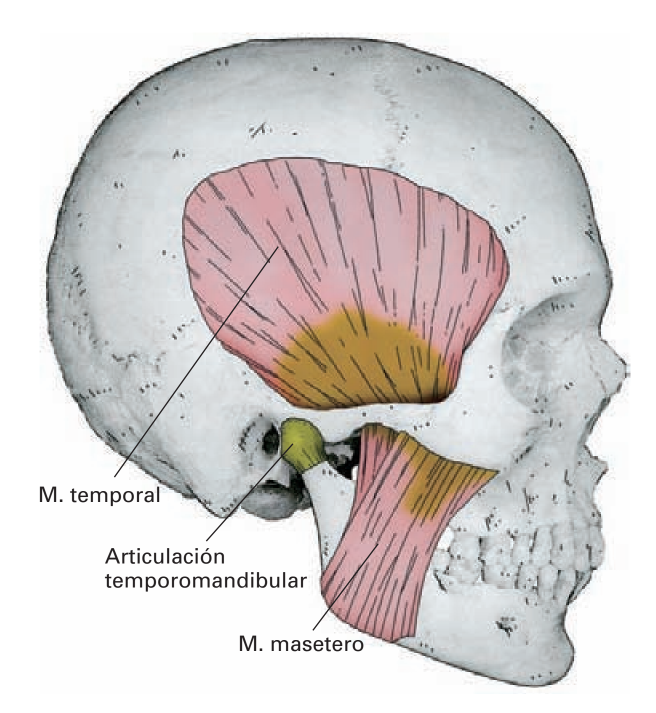


Figura 8-22. Músculos temporal y masetero.

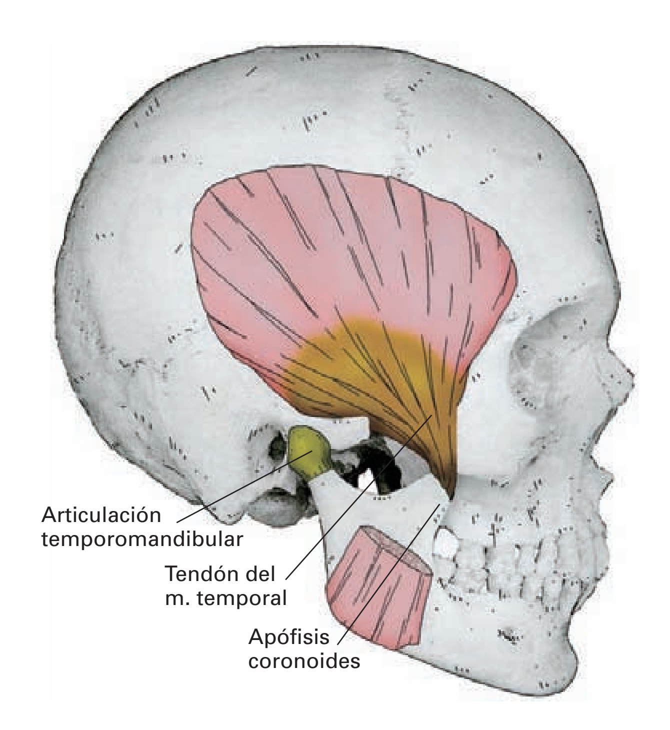


Figura 8-23. Músculo temporal tras seccionar el arco cigomático.

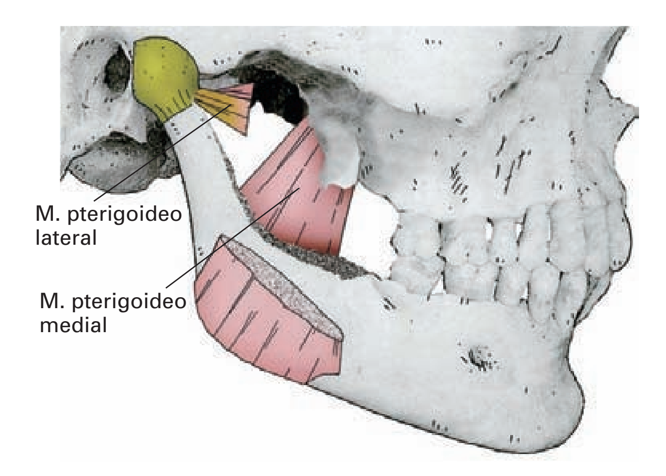


Figura 8-24. Músculo pterigoideo medial. La rama ascendente de la mandíbula y el músculo masetero han sido seccionados para mostrar la región infratemporal.

cal). Por otra parte, los **músculos tensor del tímpano y tensor del velo del paladar** (descritos en otros capítulos) son considerados *músculos adjuntos*, por su relación funcional con la masticación.

Finalmente, no se puede olvidar que en la masticación, aunque no muevan la mandíbula, también intervienen otros músculos, como son el **músculo bucinador** y otros **músculos faciales**, la **lengua**, e incluso los **músculos infrahioideos**. Los labios, los carrillos y la lengua acomodan entre los dientes lo que se está masticando. Los músculos infrahioideos estabilizan el hioides durante los movimientos mandibulares. Estudiaremos ahora los músculos masticadores principales, es decir, los inervados por la rama mandibular del trigémino. En la Tabla 8-2 se ofrece un resumen de las acciones principales de estos músculos.

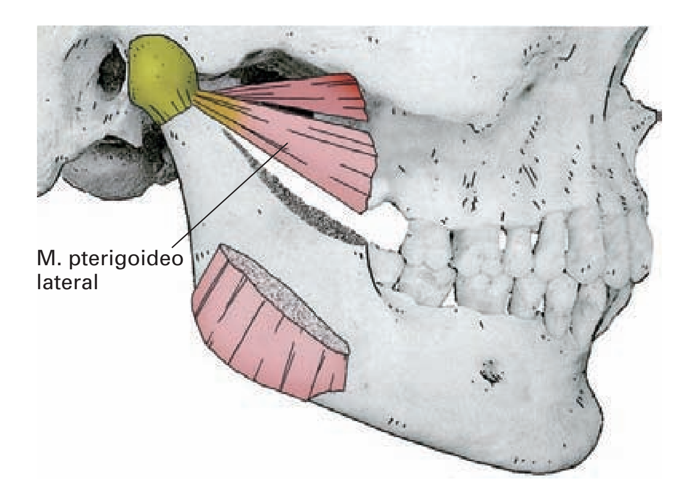


Figura 8-25. Músculo pterigoideo lateral tras resecar parte de la rama ascendente de la mandíbula y cortar el músculo masetero.

Músculo de acción compleja: músculo pterigoideo lateral (Fig. 8-25)

El **músculo pterigoideo lateral** presenta dos cabezas. Una es horizontal y se origina en la superficie inferior del ala mayor del esfenoides (**cabeza superior**). La otra (**cabeza inferior**) tiene un origen doble: en la cara lateral de la apófisis pterigoides y en la tuberosidad del maxilar. Desde ambos orígenes, la cabeza inferior discurre hacia atrás, arriba y afuera para confluir con la cabeza superior. Ésta se inserta tanto en la cápsula y el disco articulares (Fig. 8-16) como en el cuello mandibular, mientras que la cabeza inferior lo hace sólo en el cuello de la mandíbula.

Función

El músculo pterigoideo lateral es importante para una variedad de movimientos condíleos, aparentemente contradictorios entre sí, en los que están incluidos la apertura, el cierre estabilizador y la protrusión/lateralización mandibular. La contracción de **la cabeza superior** del músculo eleva y estabiliza el cóndilo, con independencia la posición en que éste se encuentre. La acción de la cabeza superior del músculo pterigoideo lateral tiene importancia añadida por la tracción discal y capsular que efectúa, y que se ha comentado antes al describir la articulación temporomandibular.

En la luxación de la mandíbula, la contracción tónica del músculo contribuye al mantenimiento del cóndilo por delante del tubérculo articular impidiendo su retorno.

Por otra parte, el músculo pterigoideo lateral es el primer músculo que se contrae para la apertura de la boca (*músculo iniciador*). Así, la contracción bilateral potente de las **dos cabezas** del músculo pterigoideo lateral produce una pequeña apertura del espacio interoclusal. Esta estrecha apertura va acompañada al final de protrusión mandibular. La acción bilateral de la **cabeza inferior** aumenta la apertura del espacio interoclusal y abre finalmente la boca.

La acción del músculo pterigoideo lateral de un lado es importante además en la rectificación lateral (con ligera apertura oblicua del espacio interoclusal) de los potentes movimientos de cierre producidos por los *músculos elevadores* que estudiaremos seguidamente. Esta rectificación es previa a la reintroducción de alimento (mediante la presión opuesta entre sí de la *lengua* y el *músculo bucinador*) en el espacio interoclusal.

Inervación

El músculo pterigoideo lateral está *inervado* por un **ramo directo del tronco anterior del nervio mandibular** y por unos ramitos desprendidos del **nervio temporal profundo anterior** cuando pasa entre sus dos cabezas.

Tabla 8-2. Efecto biomecánico, en la mandíbula y sus articulaciones, de los músculos masticadores

Estabilización (por acción bilateral)	Elevación (por acción bilateral)	Descenso
Cabeza superior del músculo pterigoideo lateral (importante en cualquier movimiento articular, fundamental en la posición de reposo)	Cabeza superior del músculo pterigoideo lateral (importante en el cierre mandibular suave)	Músculo pterigoideo lateral (muy importante en la pequeña apertura inicial) Cabeza inferior del músculo pterigoideo lateral (importante durante el resto de la apertura)
Músculo pterigoideo medial (importante en cualquier movimiento articular, menor en la posición de reposo)	Músculo pterigoideo medial (importante siempre)	Músculos elevadores contrarrestando activamente la acción de la fuerza de la gravedad
Músculo temporal (importante para unos, para otros no es un músculo estabilizador)	Músculo temporal (importante, especialmente en el cierre contra resistencia)	Músculo milohiodeo (importante en la apertura máxima)
Músculo masetero (importante durante el movimiento articular, mínimo en la posición de reposo)	Músculo masetero (importante, especialmente en el cierre contra resistencia)	Vientre anterior del músculo digástrico (importante en la fase final de apertura bucal) Músculos no inervados por V_{3a} (p. ej., genihioideo, vientre posterior del músculo digástrico, otros músculos supra e infrahioideos)
Propulsión (por acción bilateral)	**Retrusión (por acción bilateral)**	**Lateralización (por acción unilateral)**
Músculo pterigoideo lateral (importante)	Fibras posteriores del músculo temporal	Músculo pterigoideo lateral contralateral*, (efecto: rectificación lateral con pequeña apertura oblicua del espacio interoclusal)
Músculo pterigoideo medial		Músculo pterigoideo medial contralateral*
Porción lateral del músculo masetero (efecto menor)		Fibras posteriores del músculo temporal homolateral† Porción lateral del músculo masetero contralateral* (efecto menor)

* Contralateral a la desviación del mentón desde el plano medio corporal.
† Homolateral a la desviación del mentón desde el plano medio corporal.

Músculos elevadores

Músculo pterigoideo medial (Fig. 8-24)

Tiene dos cabezas musculares, que difieren poco en la dirección de sus fibras. Una se origina en la cara medial de la lámina lateral de la apófisis pterigoides y la apófisis piramidal del hueso palatino. La otra, más pequeña, toma origen en la tuberosidad del maxilar. Entre estas dos cabezas se sitúa el origen de las fibras maxilares de la cabeza inferior del músculo pterigoideo lateral. Las dos cabezas del músculo pterigoideo medial convergen hacia atrás, abajo y afuera para insertarse en la cara medial del ángulo de la mandíbula.

Función

El músculo pterigoideo medial es un potente músculo elevador y estabilizador de la mandíbula. Tiene además un componente protrusor que se transforma en lateralizador si actúa el músculo de un solo lado.

Inervación

El músculo pterigoideo medial está inervado por un **ramo directo del nervio mandibular** antes de que éste se divida en sus troncos anterior y posterior.

Músculo temporal (Figs. 8-22 y 8-23)

Se *origina* en la fosa temporal, desde la línea temporal superior hacia abajo, y también en la cara interna de la fascia que cubre el músculo (**fascia temporal**), la cual se inserta en la misma línea temporal superior y, mediante un desdoblamiento, en los bordes superolateral y superomedial de la apófisis cigomática. El vientre muscular tiene forma de abanico plano. Las *fibras* más *posteriores* son casi *horizontales* y las más *anteriores, verticales.* La inserción anterior del vientre muscular no llega hasta el borde posterior del hueso malar, del que queda separada por un espacio ocupado por grasa. Las *fibras posteriores* se colocan sobre el canal que forma la raíz posterior de la apófisis cigomática, y se reflejan sobre el borde de la raíz anterior para descen-

der verticales junto con las fibras anteriores. Todas las fibras se reúnen en un potente tendón que discurre medial a la apófisis cigomática y acaba insertándose en la apófisis coronoides y en las regiones medial y lateral de la rama mandibular próximas a ella; así mismo, se inserta en borde anterior de la rama mandibular llegando muy abajo hasta el espacio retromolar del cuerpo de la mandíbula.

Función

El músculo temporal, funcionalmente, puede dividirse en **dos partes**. La *anterior* es estabilizadora articular y está en continua contracción postural (isométrica) con tendencia al cierre de la boca. Desde ahí, su contracción intensa produciría el cierre potente de la boca**.** La *parte posterior*, compuesta por las fibras más horizontales, tiene dos cometidos. Con la boca en cualquier posición, es retractora del cóndilo. Además, cuanto más abierta está la boca, más contribuye asimismo al cierre de ésta. La *acción conjunta* elevadora y retrusora del músculo temporal es importante para el cierre de la boca contra resistencia (p. ej., en la masticación), pero no en el cierre suave de la boca sin resistencia antagónica. Es posible palpar la tensión de la fascia temporal bajo la piel tanto en la masticación como cuando se hace oclusión y cierre contra resistencia.

Inervación

El músculo temporal está *inervado* por dos o tres **nervios temporales profundos**, ramos del **tronco anterior** del **nervio mandibular**.

Músculo masetero

El músculo masetero (Fig. 8-22) se puede palpar fácilmente sobre el ángulo y la rama mandibulares, especialmente cuando se aprietan los dientes con fuerza. Su origen se extiende por el borde inferomedial del hueso malar y el arco cigomático hasta confluir con el de las fibras anteriores de la cápsula de la articulación temporomandibular. Tiene dos **porciones principales** y dos **fascículos accesorios**; estos últimos pueden considerarse como músculos independientes cuando están bien desarrollados.

Las porciones principales son la **superficial** o lateral y la **profunda** o medial. La **porción superficial** se origina en el hueso malar y la **porción profunda**, en la apófisis cigomática del hueso temporal. Las dos porciones convergen de forma que la profunda se inserta en la cara externa de la rama de la mandíbula y la superficial en el ángulo mandibular y su tuberosidad maseterina. La porción superficial se tiende por tanto oblicuamente hacia abajo y atrás, mientras que la profunda discurre verticalmente. Al cruzarse, las fibras musculares anteriores de la porción profunda se imbrican con las de la porción superficial, de tal manera, que las porciones pueden individualizarse por detrás y por arriba pero no por delante o en la inserción del músculo. Ambas porciones están entreveradas con láminas tendinosas internas, en las cuales las fibras musculares se insertan, en forma de barbas de pluma, por ambas caras.

El primero de los **fascículos accesorios** está formado por las fibras posteriores con origen más próximo a la cápsula articular y por fibras originadas en la propia cápsula. Se tiende verticalmente hasta la inserción en el ángulo de la mandíbula, donde se confunden con las más posteriores del fascículo medial. Cuando están bien desarrolladas, estas fibras reciben el nombre de *músculo articulomandibular*.

El segundo **fascículo accesorio** está constituido por fibras que toman origen en la cara medial del arco cigomático (partes temporal y malar) y se insertan en la apófisis coronoides de la mandíbula, donde se confunden con las fibras de inserción del músculo temporal. Es el *músculo cigomaticomandibular*.

El músculo masetero y sus fascículos accesorios están estuchados por la **fascia maseterina**.

Función

Por la dirección, potencia y número de fibras, el músculo masetero lleva con fuerza el ángulo mandibular tanto hacia arriba (todo el músculo) como hacia delante (porción superficial). Si sólo se contrae la porción superficial del músculo de un lado, la protrusión se convierte en lateralización. Sin embargo, la actividad del músculo masetero durante la protrusión y lateralización de la mandíbula es pequeña, y su acción estabilizadora es mínima en la posición de reposo. La acción del músculo masetero es realmente potente en el cierre mandibular contra resistencia característico de la masticación, tanto cuando se parte de una posición mandibular con simetría bilateral como lateralizada. En cualquiera de estos casos, el abultamiento del músculo masetero es muy ostensible bajo la piel.

Inervación

El músculo masetero está inervado por el **nervio maseterino,** ramo del **tronco anterior del nervio mandibular.** Este ramo, en ocasiones, es común para los nervios maseterino y temporal profundo posterior.

Músculos depresores

En el descenso de la mandíbula es fundamental la fuerza de la gravedad junto con la relajación activa de los músculos elevadores, que mantienen el control del movimiento (músculos guía). No obstante, hay también músculos depresores, menos potentes que los elevadores, que se activan durante el descenso mandibular. Comentaremos aquí la acción de los inervados por el nervio mandibular: los **músculos milohioideo** y **vientre anterior del digástrico** (Figs. 8-5 y 8-6).

El **músculo milohioideo** participa activamente tanto en apertura de la boca como en la deglución. La contracción bilateral del músculo milohioideo produce apertura máxima de la mandíbula a condición de que el hueso hioides esté fijado por los *músculos infrahioideos*. En la deglución, las hileras dentales permanecen apretadas en oclusión céntrica, y los músculos infrahioideos se relajan y permiten que la acción del músculo milohioideo de ambos lados levante el suelo de la boca. Al tiempo, el hueso hioides es primeramente elevado y luego llevado hacia delante para retornar con posterioridad a su posición descendida.

La contracción del **músculo digástrico** eleva y adelanta el hueso hioides si éste no está retenido por la *musculatura infrahioidea*. Si el hueso hioides está fijo, el músculo digástrico interviene activamente en la fase final del movimiento de apertura bucal.

Músculos adjuntos

El **músculo tensor del tímpano** no influye en los movimientos mandibulares, pero su contracción acompaña a la del *músculo tensor del velo del paladar* durante el cierre fuerte y simultáneo de la mandíbula y del velo del paladar con el cual finaliza la masticación y comienza la deglución. También actúa al final del movimiento de apertura máxima de la mandíbula. Esto es la causa de que, tanto al tragar como al bostezar o abrir la boca al máximo, se abra la comunicación entre la faringe y la caja del tímpano.

El **músculo tensor del velo del paladar** produce tensión y ensanchamiento lateral del velo del paladar. Interviene en la masticación cerrando la comunicación entre la boca y la faringe. Esta comunicación permanece cerrada al comienzo de la deglución, cuando la lengua forma el bolo alimenticio (presionándolo contra el paladar y las arcadas dentales, las cuales permanecen en oclusión céntrica) y lo empujan contra el velo. Simultáneamente, la faringe sube para recibir el bolo. La fuerte acción muscular producida tanto en este momento como a continuación (cuando el velo del paladar, todavía tenso, es retirado por la acción sinérgica del músculo elevador del velo) abre la trompa auditiva. Como consecuencia, la presión de aire de la caja del tímpano se iguala con la de la rinofaringe. Al igual que el *músculo tensor de tímpano*, también se contrae al final del movimiento de apertura máxima de la mandíbula.

BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR

Posiciones

Posición de reposo

La posición de reposo está ajustada por la actividad neuromuscular del conjunto de los músculos masticadores, y es especialmente importante la acción de la cabeza superior del músculo pterigoideo lateral. En esta posición no hay contacto dental ni tensión ligamentosa y se mantiene una simetría bilateral.

En la mayoría de las personas, la cúspide mesiovestibular del primer molar superior debe quedar enfrentada (con espacio interoclusal) con el surco mesiovestibular del primer molar inferior. Existe contacto sin empuje entre cóndilos mandibulares y superficies articulares temporales a través de los discos. Cada cóndilo queda situado en su correspondiente cavidad glenoidea. La porción central del disco, más delgada, se interpone entre la faceta articular anterior del cóndilo y la cara posterior del tubérculo articular; la parte posterior del rodete discal rellena la parte posterior y superior de la cavidad glenoidea.

Posición de oclusión céntrica (Figs. 8-8 y 8-14).

Por los tamaños dispares de maxilar y mandíbula, no se pueden confrontar simultáneamente cada uno de los dientes superiores contra el homólogo inferior al apretar los dientes. El mayor contacto ocurre entre las superficies oclusales de los dientes poscaninos o bucales. Cuando las hileras dentales contactan, si las cúspides de los dientes bucales inferiores se imbrican con las de los dientes bucales superiores *(**intercuspidación**)*, se dice que los dientes están situados en **oclusión céntrica normal** o **ideal**. Ahora la cúspide mesiovestibular del primer molar superior contacta con el surco mesiovestibular del primer molar inferior. El contacto entre las superficies oclusales de los otros dientes es el máximo posible. Ello permite la transmisión de fuerza más eficaz durante la masticación. En esta posición los dientes mandibulares están situados simétricamente respecto del plano sagital de la boca y algo lingualmente en relación a los dientes maxilares. Por su parte, el filo de los dientes incisivos inferiores choca con la cara palatina de los superiores.

La oclusión céntrica normal ocurre aproximadamente en el 72 % de la población. Si en oclusión céntrica los incisivos mandibulares están más tapados, se habla de **sobremordida.** Si, por el contrario, son más visibles, se dice que hay **sobrepropulsión.** Estas posiciones son variaciones de la oclusión céntrica normal y no deben confundirse con la denominada **maloclusión distal** o **retrognatismo mandibular,** presente en un 22 % de la población, en la que las cúspides de los dientes bucales mandibulares están desplazados distalmente con respecto a la oclusión céntrica; ni con la **maloclusión mesial** o **prognatismo mandibular** (6 %), donde ocurre lo contrario.

Así pues, la oclusión céntrica está limitada por los dientes y es la posición de cierre habitual masticador ejercido por la acción de los músculos elevadores de la mandíbula. En la oclusión céntrica **normal**, los dientes se encuentran en intercuspidación máxima. Los cóndilos se encuentran centrados en las cavidades glenoideas. La eficacia mecáni-

ca de esta posición es tal, que incluso la mayor fuerza masticadora no aprieta excesivamente el cóndilo contra el disco y a través de éste contra el delgado techo óseo de la cavidad glenoidea. La mandíbula tiene además una cierta elasticidad que amortigua —junto con la deformabilidad de los ligamentos periodontales— la transmisión brusca de fuerzas.

Bruxismo

Es el hábito de apretar o rechinar los dientes, lo que genera fuerzas que dañan uno o varios de los componentes del aparato masticador. Puede ser consciente o inconsciente. Parece estar producido por problemas oclusales y también por tensión psíquica. Produce un desgaste dental prematuro.

Posición de relación céntrica

Es la posición en la que los cóndilos ocupan la parte más posterior y superior de la fosa mandibular (retrusión máxima). Los dientes están en contacto pero no necesariamente en intercuspidación máxima (la mandíbula queda más retrasada que en la oclusión céntrica). Sólo puede obtenerse por contracción voluntaria de las fibras posteriores del músculo masetero. Está limitada por los ligamentos articulares.

La relación céntrica y la oclusión céntrica no coinciden en la mayoría de las personas, y si ello debería o no de ser así ha sido y es objeto de controversia entre especialistas, lo que ha generado diferentes corrientes de actuación práctica a la hora de corregir disfunciones articulares.

Ejes de movimiento

Cada articulación temporomandibular es una **diartrosis** compleja en la que se oponen un cóndilo y una superficie craneal irregular a través de un disco. Éste amortigua las presiones y las incongruencias de las superficies enfrentadas al tiempo que divide a la articulación en *dos compartimentos: el superior y el inferior*. Algunos autores distinguen además una *zona afuncional (la cavidad glenoidea) y otra funcional (el tubérculo articular) en el compartimento superior*.

En cada articulación se producen los movimientos típicos de una articulación esférica (**enartrosis**) más traslación (**artrodia**). Estos amplísimos movimientos son limitados y estabilizados por la disposición de la cápsula, los ligamentos articulares, los músculos que mueven la articulación y la oclusión dental, y también porque la mandíbula es un robusto arco dotado gran rigidez. Esto provoca movimientos simultáneos en las dos articulaciones temporomandibulares, movimientos que pueden ser iguales en ambos lados o complementarios.

Con el fin de explicar mejor la biomecánica articular, el conjunto de todos los movimientos posibles se suele agrupar en torno a tres ejes *teóricos* de rotación (Fig. 8-26): el eje condíleo (unilateral), el eje de bisagra (transverso bilateral) y el eje vertical (unilateral).

Eje condíleo

El eje condíleo pasa por los polos de *un* cóndilo y se cruza con el homónimo del otro lado en un punto medio bajo la unión del tercio anterior con los dos posteriores del orificio occipital. El ángulo formado por la intersección es de 130° aproximadamente. Una mandíbula posee, por tanto, dos ejes condíleos divergentes especularmente desde el plano medio corporal. Cada eje condíleo es coincidente con el eje de su cavidad glenoidea y aproximadamente paralelo al eje del tubérculo articular de su mismo lado. Con esta disposición articular, no hay posibilidad de movimientos de *rotación* alrededor de los dos ejes condíleos simultáneamente. La apertura de la mandíbula realizada por la rotación alrededor de *un* eje condíleo tiene como consecuencia el descenso del otro cóndilo en la medida que lo permitan la tensión capsular y el control neuromuscular. Este movimiento supone en la práctica una *ligera apertura asimétrica (oblicua) del espacio interoclusal*. La rotación condílea se produce en el *compartimento inferior* de la articulación correspondiente.

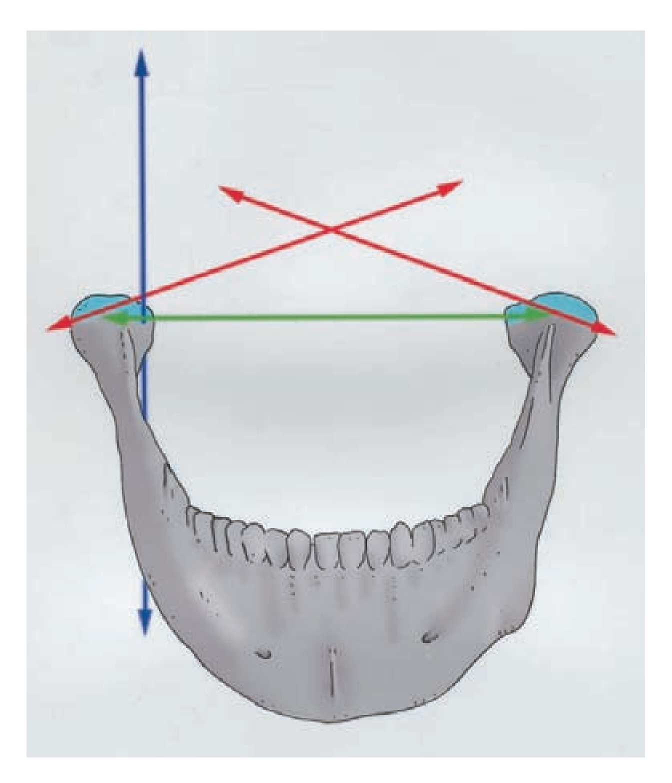


Figura 8-26. Ejes de movimiento de la articulación temporomandibular. Eje de rotación vertical (azul); eje condíleo (rojo); eje bisagra (verde).

Eje de bisagra

También denominado eje de rotación transversal, es un eje ideal *único* que pasa por *ambos* polos internos condíleos cuando éstos se encuentran en su posición *retruida* contra la parte posterior de la cavidad glenoidea. La posición *natural* más próxima a la de máxima retrusión es la obtenida en oclusión central mediante la firme presión de los molares antagonistas. Desde esta posición, el eje permite una pequeña *rotación pura condílea bilateral* de unos 15-20°, correspondiente a un recorrido vertical de los incisivos inferiores de aproximadamente 25 mm. Esta rotación se realiza íntegramente en el *compartimento inferior* de cada articulación. La rotación pura condílea bilateral alrededor del eje de bisagra sitúa a la articulación un poco *más allá de su punto de reposo* con un espacio interoclusal agrandado y los labios comenzando a despegarse. A medida que el movimiento de apertura progresa, la incongruencia entre el eje de bisagra y los ejes condíleos determina que los cóndilos salgan (o, más propiamente, *descarrilen*) de las cavidades glenoideas. En ese momento, los cóndilos quedan bajo los tubérculos articulares. Este desplazamiento condíleo va desde la *zona afuncional* a la *funcional* del *compartimento superior* de la articulación. Tal desplazamiento provoca que el eje de bisagra se adelante y descienda ligeramente y, por tanto, que progrese la separación labial. Para que la apertura bucal continúe desde este punto, *los cóndilos deben rotar bajo los tubérculos articulares* hasta enfrentar a éstos la porción culminante de su cubierta fibrosa articular, que es inmediatamente posterior a la cresta condílea. Esto conlleva el otro *ligero descenso vertical del eje de bisagra*. Cuando el punto de máxima convexidad resbala por delante del oponente del tubérculo articular, el eje de bisagra puede volver a ascender.

El movimiento de rotación combinado con el de traslación de los cóndilos hacia adelante define un nuevo eje, a saber, el *eje de rotación compensada de la mandíbula*. Este eje pasa aproximadamente por ambas *língulas mandibulares*, justo delante de los orificios mandibulares que dan entrada a los nervios alveolares inferiores. Aquí es donde existe menos desplazamiento anteroposterior o superoinferior de la mandíbula en rotación, lo que protege a los nervios citados de peligrosos roces y estiramientos combinados. Nótese que la inserción del ligamento pterigomandibular es posterior al orificio mandibular. Esta disposición no estorba la apertura de la boca ni tampoco su cierre. Éste queda limitado por el contacto oclusal antes que por la tensión ligamentosa.

El desplazamiento hacia adelante, abajo y arriba del eje de bisagra puede autoexplorarse presionando con los dedos cada cóndilo lateral bajo la piel y abriendo y cerrando la boca. Desde la posición de oclusión central con los dientes apretados, se nota primero la rotación pura condílea bilateral producida en el compartimento inferior seguida de un segundo tiempo, más largo, que combina la rotación condílea bilateral con su traslación hacia adelante y abajo, ésta producida en el compartimento superior. Se nota además que los desplazamientos verticales de los cóndilos en rotación se realizan en un plano coronal situado delante de las apófisis mastoides.

Eje de rotación vertical

Este eje pasa por el polo interno de *uno* u otro cóndilo. Hay, por tanto, dos ejes de rotación vertical posibles, pero los movimientos alrededor de cada uno de ellos no pueden ser simultáneos. La rotación alrededor de *uno* de estos ejes permite un *amplio deslizamiento anterior del cóndilo y disco contralaterales* y otro *desplazamiento más corto y hacia atrás del polo lateral del cóndilo homolateral*. Ambos movimientos son producidos fundamentalmente en el *compartimento superior de la articulación*.

Movimientos

Los desplazamientos mandibulares posibles alrededor de los ejes que acabamos de describir se agrupan funcionalmente en los movimientos que se describen a continuación. Véase la Tabla 8-2 para contrastar entre sí la participación de los músculos masticadores en dichos movimientos.

En el plano sagital

Detrusión (descenso)

Se inicia desde la posición en reposo. Abre la boca. En una primera fase, se agranda el espacio interoclusal sin que los labios lleguen a despegarse. Para ello, el complejo disco/cóndilo *rota* (rotación pura condílea bilateral) y se *desplaza* hacia delante. Intervienen los *dos compartimentos articulares*. La rotación y el desplazamiento condíleos se producen por la acción combinada de la gravedad y los músculos depresores de la boca, pero comienza por la acción bilateral del **músculo pterigoideo lateral.**

A continuación, el *movimiento de apertura* (detrusión) de la boca *se efectúa* mediante la *rotación de los cóndilos bajo los tubérculos articulares,* efectuada fundamentalmente en el *compartimento articular inferior*. En la apertura bucal máxima —producida por la acción de los **músculos digástrico (vientre anterior)** y **milohioideo** sucesivamente— la faceta articular posterior de cada cóndilo se encuentra por debajo del punto más inferior de cada tubérculo articular. Se produce por la *acción combinada de fuerza gravitatoria y músculos depresores,* junto con la *relajación controlada de los músculos elevadores*. Éstos son los que guían el movimiento y marcan su fin; sólo en condiciones extremas, el límite es señalado por los frenos meniscales posteriores y los ligamentos laterales.

Surtrusión (ascenso)

Es el ascenso o elevación de la mandíbula. Se produce por acción de los *músculos elevadores* (**temporal, masetero, pterigoideo interno**) y se efectúa en sentido opuesto al movimiento de apertura. Los cóndilos rotan hacia atrás bajo los tubérculos articulares, vuelven a introducirse en las cavidades glenoideas y deshacen la rotación condílea pura. Interviene primero el *compartimento inferior* de la articulación, luego los *compartimentos superior y el inferior* combinados y, finalmente, desde la posición de reposo a la oclusión, el *compartimento inferior*. El movimiento acaba en la posición de oclusión céntrica, sin tensión ligamentosa ni capsular.

Protrusión

En la protrusión, protracción o propulsión, la mandíbula se lleva hacia adelante sin necesidad de abrir los labios. Este movimiento ocurre fundamentalmente en el *compartimento superior* de la articulación. *Los cóndilos se deslizan allí hacia delante, bajo los tubérculos articulares, con un pequeño componente de rotación pura condílea bilateral*. Los movimientos protrusivos quedan limitados por la relajación controlada de los músculos retrusores (fibras horizontales de los músculos temporales) y finalmente por el freno meniscal posterior y el ligamento lateral. Están producidos por la acción bilateral del **músculo pterigoideo lateral** y la **porción superficial del músculo masetero**.

Retrusión

La retrusión o retracción es el movimiento inverso al anterior. Está producida por las **fibras horizontales del músculo masetero**, controlada por la relajación de los músculos protrusores y, finalmente, limitada por las fibras oblicuas del ligamento lateral (capsular) articular.

En el plano lateral: diducción

Son los movimientos en que uno de los cóndilos gira alrededor de su eje vertical *(cóndilo de trabajo)* y el otro se desplaza hacia delante, adentro y abajo *(cóndilo de balanceo)*. El cóndilo de trabajo sufre también un pequeño desplazamiento (movimiento de *Bennet*) hacia su mismo lado y hacia abajo. Este último componente es provocado por la salida del cóndilo de su cavidad glenoidea. Los movimientos se producen fundamentalmente en el *compartimento superior* de la articulación. Están causados por la *acción unilateral de los músculos protrusores*. Están bajo el control de fuerzas musculares (especialmente las producidas por las fibras horizontales del músculo masetero para el cóndilo de balanceo) y limitados por el ligamento lateral de las dos articulaciones.

Movimientos de masticación

En los seres humanos, los movimientos de masticación no dependen de un eje fijo de rotación mandibular sino que combinan todos. Pueden ser *bilaterales*, pero muy a menudo acontecen *unilateralmente*, dependiendo de las características oclusivas individuales (p. ej., ausencia de dientes, maloclusiones) e incluso de la rapidez de la masticación. Pueden ser alternantes o, más comúnmente, en forma de ciclos repetitivos, que cambian su sentido cuando el alimento se lleva al lado contrario de la boca. Los movimientos de masticación imbrican *movimientos laterales* con *sagitales*, tanto de *apertura, cierre mandibular, protrusión, retrusión y lateralización*. Implican por tanto a *todos los compartimentos articulares* y a *todos los músculos masticadores*. La acción de los músculos temporal y masetero es especialmente importante en el cierre de la boca contra resistencia. La acción unilateral del músculo pterigoideo lateral produce una *ligera apertura asimétrica del espacio interoclusal*. Esto es útil, entre otras cosas, para llevar el bolo en masticación desde la región vestibular bucal al espacio interoclusal homolateral.

Los movimientos masticadores se consideran divididos en seis fases: (i) preparatoria, (ii) de contacto con la comida, (iii) de aplastamiento de ésta, (iv) de contacto dental, (v) de masticación fina y (iv) de cierre habitual (que puede conducir a la deglución o ir seguido de otro ciclo masticador). En la masticación fina también se producen contactos dentales ocasionales. Se considera que los contactos dentales, incluidos los realizados durante la masticación, no sobrepasan los 10 minutos al día.

Movimiento límite

Se denominan *movimientos límite* a aquellos que alcanzan la trayectoria extrema mandibular en cualquiera de sus ejes. Los movimientos límite en todos los ejes posibles de movimiento mandibular se han recogido en complejos diagramas tridimensionales. Los movimientos normales, incluidos los masticadores, no suelen alcanzar situaciones límite excepto la apertura máxima mandibular consecutiva al bostezo. Los movimientos límite pueden conducir a afección articular crónica o a la luxación de la mandíbula.

Luxación de la mandíbula

La más habitual es la luxación anterior bilateral, que suele ser consecutiva a la apertura exagerada de la boca por una acción de tipo voluntario (como tomar un bocado demasiado grande), un bostezo, un golpe en el mentón con la boca abierta o la depresión excesiva de la mandíbula con ocasión de la extracción de un diente. La cápsula articular no ofrece resistencia suficiente y los cóndilos pasan a ocupar una posición anterior a los tubérculos articulares. La mandíbula queda inmo-

vilizada por la tensión de los ligamentos extrínsecos y el espasmo muscular subsiguiente al excesivo estiramiento y al dolor. La boca queda abierta y no puede cerrarse. Si la luxación es unilateral (producida por ejemplo por un golpe lateral sobre la mandíbula), la apertura de la boca es menor y puede quedar enmascarada por el contacto labial; el mentón queda en este caso desviado hacia el lado sano. En cualquier caso, hay incapacidad para deglutir, incontinencia salival y dificultades para la articulación de la palabra. La luxación se reduce manualmente, colocando los pulgares (con adecuada protección) sobre los primeros molares inferiores; con los demás dedos se agarran los ángulos mandibulares. Se ejerce entonces presión con los pulgares para llevar la mandíbula primero hacia abajo y luego hacia atrás, sorteando así el obstáculo natural que impide la reducción espontánea, es decir, el tubérculo articular. El dolor y el espasmo muscular persistirán durante algún tiempo. En algunas personas las luxaciones pueden ser recidivantes.

LENGUA

La **lengua** es un órgano muscular, muy móvil, recubierto de una mucosa que contiene receptores gustativos. Situada sobre el suelo de la boca, invade hacia atrás la orofaringe (Fig. 8-4).

Por su gran movilidad participa, mediante mecanismos muy complejos y precisos, y no bien analizados todavía, en la masticación, el lenguaje y la deglución; por los receptores gustativos de su mucosa es un órgano del gusto. La lengua tiene, además, formaciones linfoides que contribuyen a la defensa frente a agentes microbianos.

Evolución

La lengua es un órgano característico de los animales tetrápodos. Su principal papel es facilitar la ingesta de alimento en el medio terrestre. Los peces tienen una ligera elevación de la mucosa del suelo de la boca, pero esta estructura carece de musculatura estriada.

La lengua de los vertebrados terrestres presenta notables variaciones que representan adaptaciones a las condiciones de vida en los diferentes hábitats.

Una lengua con estructura muscular aparece por primera vez en los anfibios. Se fija en la parte anterior de la boca y puede dispararse como un pistón con el objeto de atrapar insectos. Contiene células que segregan un material pegajoso, el cual, probablemente, tiene el efecto de la saliva, ya que estos animales carecen de glándulas salivales independientes.

En los reptiles, la mucosa lingual se queratiniza en mayor o menor grado como adaptación a un medio seco, y las glándulas salivales aparecen como formaciones aisladas de la lengua.

La lengua de los mamíferos es rica en botones gustativos; las diferencias morfológicas existentes están en relación con el modo de vida de las diferentes especies. La lengua humana adquiere una nueva y trascendental función: participa en la articulación de los sonidos propios del habla.

Forma

Se distinguen varias partes: cuerpo, raíz, dorso, cara inferior, borde y ápice (Fig. 8-27).

El **cuerpo de la lengua** presenta una cara superior denominada **dorso de la lengua** dirigida hacia el paladar; se distinguen dos porciones, una anterior que ocupa los dos tercios de ella, y otra posterior que ocupa el tercio restante. Entre estas dos partes se encuentra el **agujero ciego** de la lengua (residuo embrionario del conducto tirogloso) que se encuentra en la línea media; de ahí parte a cada lado un surco, el **surco terminal (V lingual)**, con dirección ligeramente lateral y ventral, formando un ángulo abierto hacia delante; por lo tanto, el dorso de la lengua consta de una **porción presurcal** o **anterior** y una **porción posurcal** o **posterior**; esta última limita con la epiglotis. Se encuentra también en la línea media el **surco mediano**, muy poco profundo, que la divide en mitades derecha e izquierda.

La **cara inferior de la lengua**, en su parte posterior, se fija a través de músculos al hueso hioides; en su parte anterior es libre y en ella se observa el **frenillo lingual**, un pliegue central de la mucosa que confiere cierta fijación al

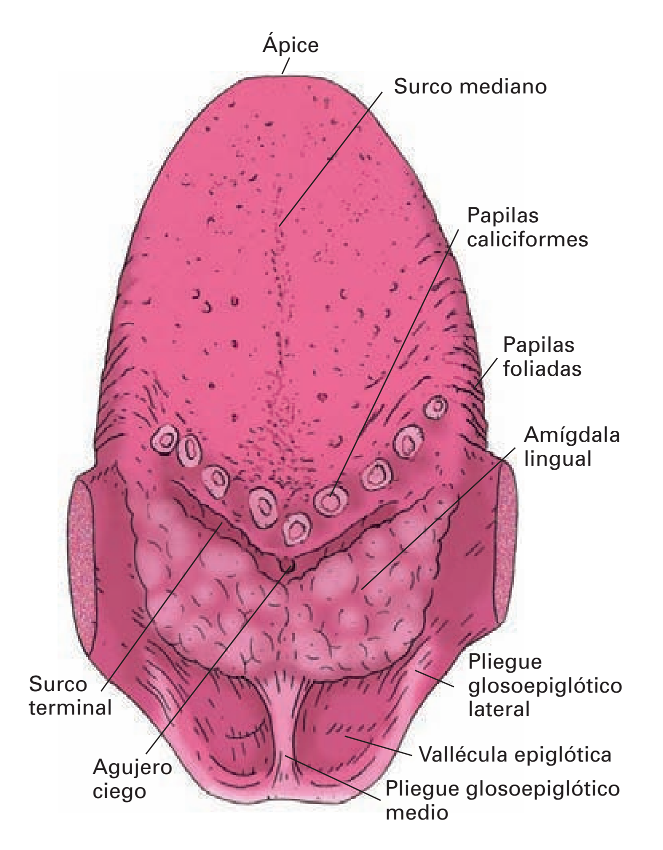


Figura 8-27. Visión dorsal de la lengua.

piso de la boca. A los lados se encuentran los **pliegues fimbriados**, de aspecto irregular, que representan un vestigio de una lengua inferior primitiva de algunos vertebrados.

El **borde de la lengua** está en contacto con los dientes.

La **raíz de la lengua** se encuentra en la región posterior, dirigida a la faringe y está en relación con la epiglotis; es el lugar donde la lengua se fija al hueso hioides. La mucosa de la raíz, al pasar a la epiglotis, forma los **pliegues glosoepiglóticos**, uno **medio** y dos **laterales**; entre los pliegues se forman las **valléculas epiglóticas**.

El **ápice de la lengua** anterior, y constituye la punta de la lengua.

El frenillo lingual puede ser muy grande, lo que dificulta los movimientos de la lengua y, especialmente, el lenguaje. Puede requerirse en estas circunstancias la sección del frenillo (**frenulectomía**).

Estructura

La lengua está formada principalmente por músculos extrínsecos e intrínsecos, revestidos, estos últimos, de una túnica mucosa.

La **túnica mucosa** que reviste la lengua es lisa y fina en la cara inferior; en el dorso y en los bordes es rugosa, ya que presenta muchas papilas en la porción presurcal; en la porción posurcal hay menos cantidad, pero contiene muchos **folículos linfoides linguales** que, en conjunto, constituyen la **amígdala lingual**. En la superficie mucosa se encuentran, también, glándulas salivales menores (**glándulas linguales**) serosas, mucosas y mixtas.

La mucosa está formada por un epitelio plano estratificado no queratinizado. En el dorso de la lengua se adhiere firmemente a la musculatura subyacente por una lámina conectiva resistente denominada **aponeurosis lingual**.

Las **papilas linguales** son relieves de la mucosa constituidos por un eje conectivo rodeado del epitelio lingual (Fig. 8-28).

Por su forma se clasifican en:

Papilas filiformes y cónicas. Son prominencias muy finas y pequeñas (como hilos), que se encuentran en la porción anterior del dorso de la lengua e inclinadas hacia la faringe. Tienen función táctil. El epitelio que las reviste está en fase de cornificación y se descama.

En caso de infecciones, las escamas cornificadas que revisten las papilas se mezclan con microbios y restos alimentarios permaneciendo más tiempo adheridas sobre la superficie lingual. La lengua toma un aspecto gris blanquecino (lengua saburral).

Papilas fungiformes. Se encuentran dispersas en el ápice, el borde y en el dorso de la lengua. Tienen forma de hongo y son de color rojizo. Están relacionadas con la función gustativa.

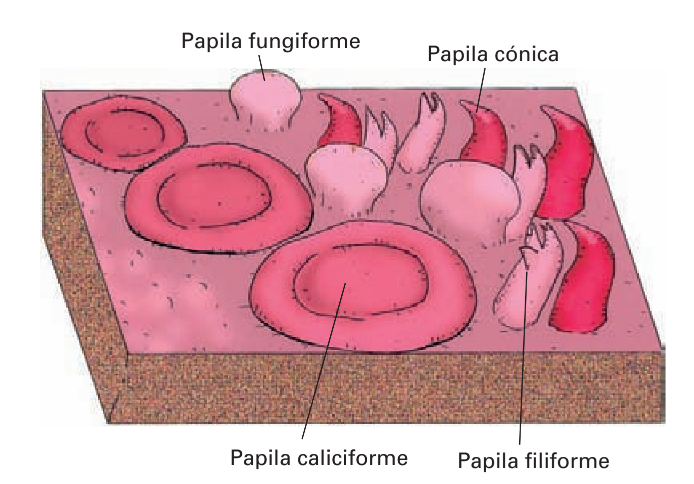


Figura 8-28. Representación esquemática de los tipos de papilas linguales.

Papilas lentiformes. Son papilas fungiformes pequeñas.

Papilas valladas o caliciformes. Son las de mayor tamaño; se sitúan por delante del surco terminal, en un número aproximado de 8 a 12, dispuestas en ángulo abierto hacia delante; son también gustativas.

Parecen verrugas rodeadas por un surco en forma de foso circular, el cual está limitado por un pliegue a modo de valla limitante. Son de naturaleza gustativa. En el foso desembocan las **glándulas de von Ebner**, de naturaleza serosa, que aclaran las sustancias gustativas.

Papilas foliadas. Son pliegues transversales situados en la parte posterior del borde lateral de la lengua. Tienen función gustativa.

Los corpúsculos gustativos de las papilas se describen con el órgano del gusto.

La inflamación de la lengua (**glositis**) puede producirse por múltiples causas, desde infecciones locales a trastornos generales (como sucede, por ejemplo, en la **pelagra**, enfermedad provocada por la carencia vitamínica de *niacina*). En la pelagra la lengua aparece de color rojo muy encendido, tumefacta, e, incluso, ulcerada.

Músculos de la lengua

Los *músculos extrínsecos* de la lengua son músculos esqueléticos porque tienen su origen en hueso, y comprenden el

geniogloso, **hiogloso**, **estilogloso** y **condrogloso**. Tienen como función cambiar la posición de la lengua.

Los *músculos intrínsecos* se encuentran formando la lengua, y algunos se fijan en el hueso hioides. Estos músculos son el **longitudinal superior**, **longitudinal inferior**, **transverso** y **vertical**. La función de estos músculos es cambiar la forma de la lengua.

La musculatura lingual se encuentra dividida en dos mitades iguales, derecha e izquierda, por el **tabique lingual**. Se trata de un tabique conectivo vertical que recorre la lengua hasta el ápice; por detrás se fija en el hueso hioides mediante una trama conectiva mal definida.

Músculos extrínsecos (Fig. 8-29)

El **músculo geniogloso** se origina en la espina mentoniana superior de la mandíbula; de ahí, expandiéndose como un abanico, se dirige hacia atrás y se inserta en la aponeurosis lingual del dorso de la lengua desde el cuerpo del hioides y la raíz lingual hasta el ápice.

El **músculo hiogloso** se sitúa en la parte lateral de la lengua; aplanado y de forma cuadrada, se origina en el asta mayor del hioides, se dirige hacia arriba y hacia delante y se inserta en el borde lateral de la lengua.

El **músculo estilogloso** se origina en la apófisis estiloides, se dirige oblicuamente hacia delante y hacia abajo y se inserta en el borde de la lengua y en su cara inferior. En la lengua entremezcla sus fibras con el hiogloso y el longitudinal inferior.

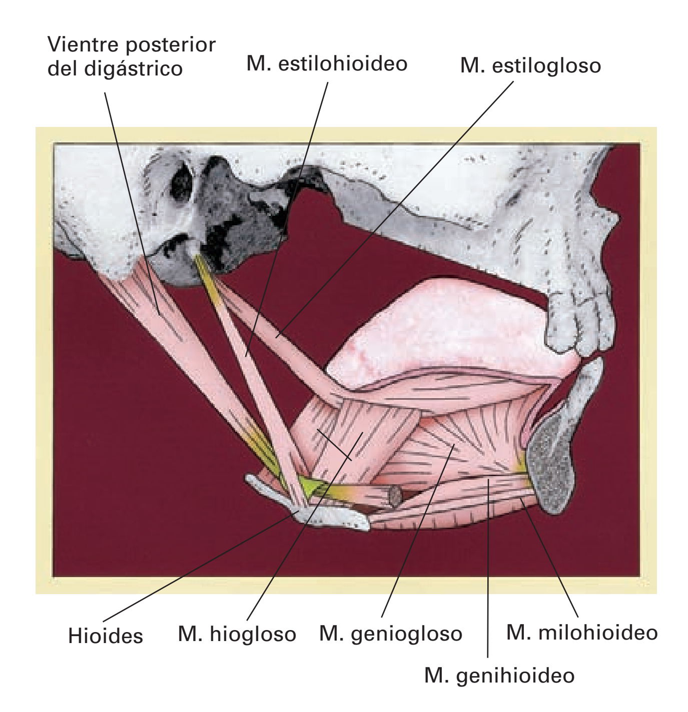


Figura 8-29. Musculatura de la lengua. Visión lateral tras resecar parte del maxilar y seccionar sagitalmente la mandíbula.

El **músculo condrogloso**[6] puede considerarse parte del hiogloso, con el que entremezcla sus fibras. Se origina en el asta menor del hioides y se dirige hacia el borde de la lengua.

Músculos intrínsecos (Fig. 8-30)

Estos músculos, con la excepción del longitudinal inferior, no tienen ninguna inserción ósea.

El **músculo longitudinal superior** forma una cubierta de fibras posteroanteriores bajo la mucosa del dorso de la lengua desde el tejido conectivo de la raíz lingual hasta el ápice. A medida que avanza, va insertando fibras en la mucosa.

El **músculo longitudinal inferior** se origina en el cuerpo del hioides y el tejido conectivo de la raíz lingual, y se extiende en la cara inferior de la lengua hacia el ápice.

[6] La Nomenclatura Anatómica Internacional considera al músculo condrogloso como un músculo independiente de la lengua. Numerosos autores, en lugar de este músculo, consideran al músculo palatogloso como músculo propio de la lengua. En esta obra, el músculo palatogloso se describe con el velo del paladar, pues su acción es, fundamentalmente, sobre el istmo de las fauces, y su inervación por el X par craneal es distinta de todos los músculos linguales.

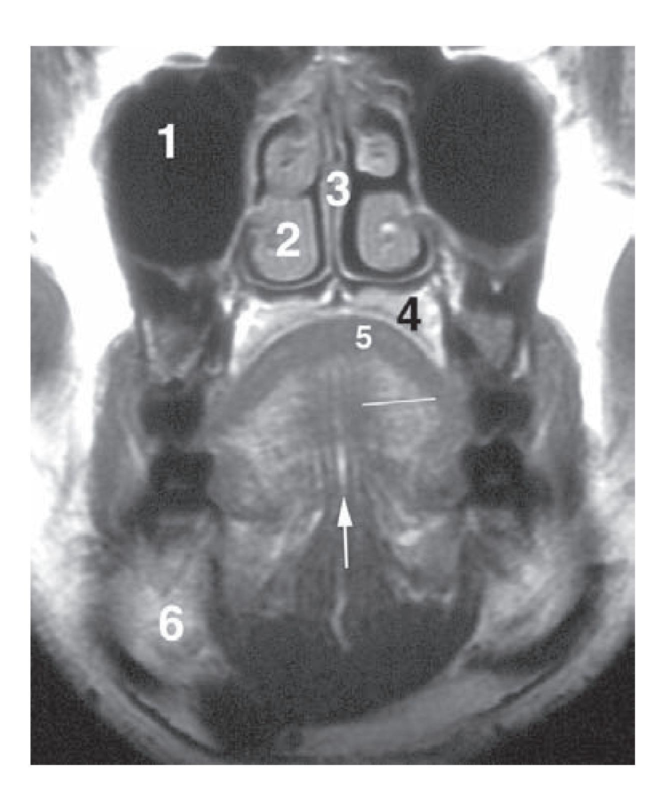


Figura 8-30. RM de la cara. 1) Seno maxilar. 2) Cornete inferior. 3) Tabique nasal. 4) Paladar óseo. 5) Músculo longitudinal superior. 6) Glándula submandibular. Septo lingual (flecha). Obsérvese la disposición vertical y transversal (línea blanca) de la musculatura intrínseca de la lengua.

El **músculo transverso de la lengua** se entremezcla con las fibras de los músculos longitudinales. Se dirige desde el tabique lingual al borde de la lengua de cada lado.

El **músculo vertical de la lengua** está constituido por fibras verticales que se dirigen desde el dorso a la cara inferior.

Acciones

Los movimientos de la lengua son extraordinariamente precisos, al sevicio de la deglución, la masticación y el lenguaje. La participación de los músculos linguales en estos movimientos es sumamente compleja, pues, entre ellos, efectúan múltiples sinergias para lograr un fino control de la forma y posición de la lengua, y su acción dista mucho de ser bien conocida.

Describiremos las acciones individuales de los músculos a partir de la posición de reposo de la lengua.

El **músculo geniogloso** dirige la punta de la lengua hacia delante (protrusión) y la aplica al suelo bucal (depresión) provocando la formación de un canal en la parte media del dorso, importante durante la deglución. La contracción unilateral lleva el ápice lingual hacia un lado.

> El mantenimiento del tono muscular del geniogloso es fundamental para que la lengua no caiga hacia atrás sobre la epiglotis y cierre la abertura de la laringe provocando la asfixia. Este problema se plantea en los sujetos que entran en estado de coma (pérdida profunda del conocimiento), por ejemplo, por un grave traumatismo craneoencefálico. La intubación (véase Aparato respiratorio) evita el desplazamiento de la lengua.

El **músculo hiogloso** dirige la lengua hacia abajo (depresión) y hacia atrás (retracción).

El **condrogloso** colabora en esta acción.

El **músculo estilogloso**, al actuar junto al del lado contrario, forma una especie de columpio que mueve la lengua hacia atrás (retracción) y hacia arriba (elevación).

Los **músculos longitudinales** acortan la lengua en sentido anteroposterior, al tiempo que la engruesan. Si la lengua está protruida, la dirigen hacia atrás. De forma independiente, ambos músculos mueven la punta de la lengua. El longitudinal superior dirige la punta hacia el paladar al tiempo que el dorso de la lengua se hace cóncavo. El longitudinal inferior hace el movimiento inverso.

El **músculo transverso** estrecha la lengua aproximando los bordes.

El **músculo vertical** aplana la lengua y expande sus bordes.

Debe recordarse que los músculos del suelo de la boca (milohioideo y geniohioideo) tomando punto fijo en la mandíbula, elevan el hioides y, consecuentemente, el suelo bucal, empujando la lengua hacia el paladar.

Vascularización

La irrigación principal de la lengua es por la **arteria lingual**, rama de la arteria carótida externa.

La **vena lingual** drena en la vena yugular interna.

El **drenaje linfático** se lleva a cabo de la siguiente manera: la linfa del ápice va a los **ganglios submentonianos**; la de la porción presurcal del cuerpo de la lengua sigue dos vías: una procedente de las partes laterales va a los **ganglios submandibulares**, y otra, la del centro del cuerpo, va a los **ganglios cervicales laterales profundos**; la linfa de la raíz y porción possurcal va a los ganglios cervicales laterales profundos. La raíz y la zona central del cuerpo de la lengua drenan en los ganglios de ambos lados. Dentro de los ganglios cervicales profundos tiene especial relevancia el grupo superior y, especialmente, el ganglio yugulodigástrico.

> Estos ganglios son la vía principal de diseminación del **cáncer de lengua**. La aparición de una ulceración en la mucosa lingual que no mejora con tratamiento en un plazo breve debe hacer sospechar un carcinoma.

Inervación

El *nervio hipogloso* inerva los músculos intrínsecos y extrínsecos de la lengua.

El *nervio trigémino*, por su rama mandibular, inerva la mucosa de los dos tercios anteriores de la lengua (área presurcal) y recoge la sensibilidad general.

El *nervio glosofaríngeo* inerva la mucosa de la lengua en el tercio posterior (área posurcal) y recoge sensibilidad general y gustativa.

El *nervio facial*, mediante la cuerda del tímpano, inerva la mucosa en el área presurcal y recoge la sensibilidad gustativa.

El *nervio vago* recoge la sensibilidad gustativa de la epiglotis y de la unión glosoepiglótica, donde hay pocas papilas gustativas.

Funciones

La lengua tiene funciones muy importantes, a saber:

La *masticación*, durante la cual la lengua dirige el alimento hacia los dientes, y mueve los alimentos hasta que son triturados uniformemente y se forme el bolo alimenticio.

La *deglución*, en la cual el bolo alimenticio es dirigido al paladar, el cual se tensa y se pone horizontal para evitar que el alimento pase a la cavidad nasal; la raíz de la lengua se eleva y dirige el bolo hacia atrás a la faringe, momento en el que se cierra el istmo de las fauces para evitar que el alimento, o parte de él, regrese a la boca.

El *sentido del gusto* permite saborear los alimentos, y detectar cuando no están en buen estado.

La *sensibilidad* general ayuda a encontrar cuerpos extraños, por pequeños que sean; también detecta la temperatura de los alimentos. Gracias a esta sensibilidad, la lengua es importante en la *limpieza de la boca y de los labios*; extrae partículas de alimentos que se quedan entre los dientes, en el surco gingival o en otro lugar, limpia los labios y los humedece cuando es necesario.

Para el *habla*, la lengua permite la articulación y pronunciación de las palabras.

La **lengua dolorosa** o **glosodinia** es un padecimiento frecuente en personas de edad avanzada; se caracteriza por intensas molestias como tensión, pesadez, prurito o calor, que se exageran con los alimentos excesivamente salados, calientes o condimentados; es una lengua de aspecto normal.

GLÁNDULAS SALIVALES

Las **glándulas salivales** son glándulas exocrinas que producen la saliva y la segregan a la cavidad bucal.

La saliva cumple las siguientes *funciones*: *a*) humedece, lubrifica y limpia las mucosas de la boca y de la faringe, *b*) inicia el proceso digestivo mediante la enzima amilasa, que escinde la molécula de almidón, y mediante la formación del bolo alimenticio, *c*) cumple un discreto papel defensivo debido a su contenido de inmunoglobulinas y *d*) contribuye a la sensación del gusto manteniendo húmedas las papilas gustativas.

Composición: es una solución acuosa rica en proteinas, hidratos de carbono y electrólitos; contiene importantes enzimas como la ptialina o la amilasa, la lipasa, que escinde la grasa de la leche, y la lisozima, que ejerce, junto con las inmunoglobulinas, un importante papel defensivo.

Las glándulas salivales se *clasifican* por su función y su morfología.

Clasificación funcional. Según el tipo de secreción que producen las glándulas pueden ser:

a) Glándulas serosas, ricas en amilasa.
b) Glándulas mucosas, ricas en mucina.
c) Glándulas mixtas.

Clasificación morfológica. Según su tamaño, se distinguen glándulas pequeñas o menores y grandes o mayores.

a) Las **glándulas salivales menores** están en la cavidad bucal. Son numerosas y se distribuyen por la cara interna de los labios (**glándulas labiales**), las mejillas (**glándulas bucales**), la mucosa del paladar (**glándulas palatinas**) y la lengua (**glándulas linguales**). Las glándulas linguales se disponen en la parte posterior de los bordes laterales de la lengua y en la cara inferior, junto a la punta de la lengua (**glándula lingual anterior)**

b) Las **glándulas salivales mayores** (Figs. 8-31; 8-32; 8-33 y 8-34) tienen mayor significación anatómica y funcional. A cada lado hay tres pares de glándulas salivales grandes: **parótida**, **submandibular** y **sublingual**. Se sitúan fuera de la cavidad bucal, por lo que vierten su secreción mediante un conducto excretor.

La contribución de las glándulas al volumen total de saliva no es uniforme. La parótida produce el 30 %, la submandibular el 65-70 %, la sublingual el 3% y el resto, las glándulas pequeñas. La producción de saliva es aproximadamente de 1000 mL al día.

La glándulas grandes tienen gran importancia clínica pues son asiento frecuente de infecciones, cálculos o tumores. Sus complejas relaciones topográficas dificultan, en ocasiones, su extirpación quirúrgica.

Estructura

Las glándulas salivales constan de un tejido glandular inmerso en un estroma conectivo. La glándula está rodeada de una **cápsula** que emite tabiques hacia el interior **(tabiques interlobulares**) que la dividen en **lóbulos**. En el interior de éstos penetran **tabiques intralobulares** que los subdividen en **lobulillos**. Por los tabiques circulan los vasos y los nervios.

En cada lobulillo hay numerosas glándulas que constan, en general, de una porción terminal secretora y un sistema de vías excretoras (Fig. 8-35).

La **porción terminal secretora**, en forma de acino, contiene **células serosas** o **mucosas** según el tipo de secreción. Entre las células hay **células mioepiteliales** cuyas complejas prolongaciones contráctiles ayudan al vaciamiento de la secreción.

El **sistema de conductos excretores** está formado por tres tipos de conductos: **segmento intermedio, salival o estriado y excretor.**

En la glándula sublingual (mixta) faltan los segmentos intermedios y los conductos estriados.

GLÁNDULA PARÓTIDA

La **glándula parótida** (Figs. 8-31 y 8-32) es la más voluminosa de las glándulas salivales; es de tipo seroso, aspecto lobulillado y coloración amarillenta, y produce una saliva muy acuosa.

Situación

La parótida está situada en la parte lateral de la cara (**región parotídea**) donde ocupa un espacio irregular com-

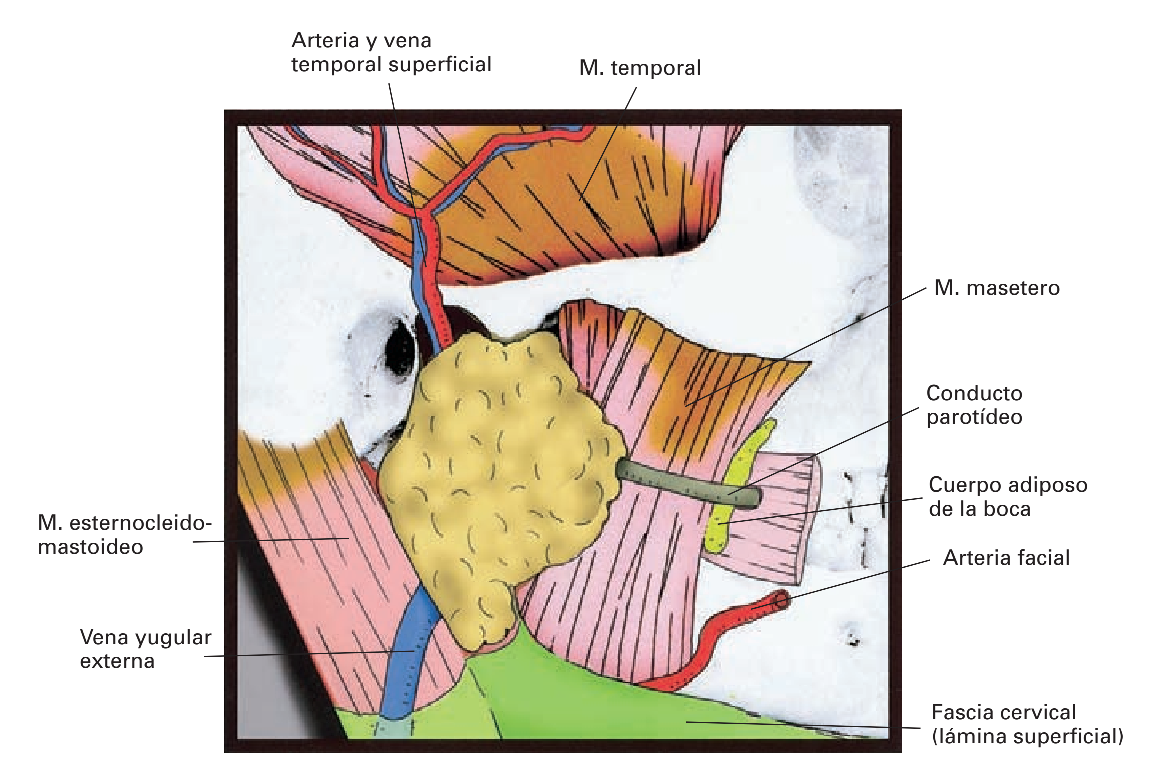


Figura 8-31. Glándula parótida, visión lateral.

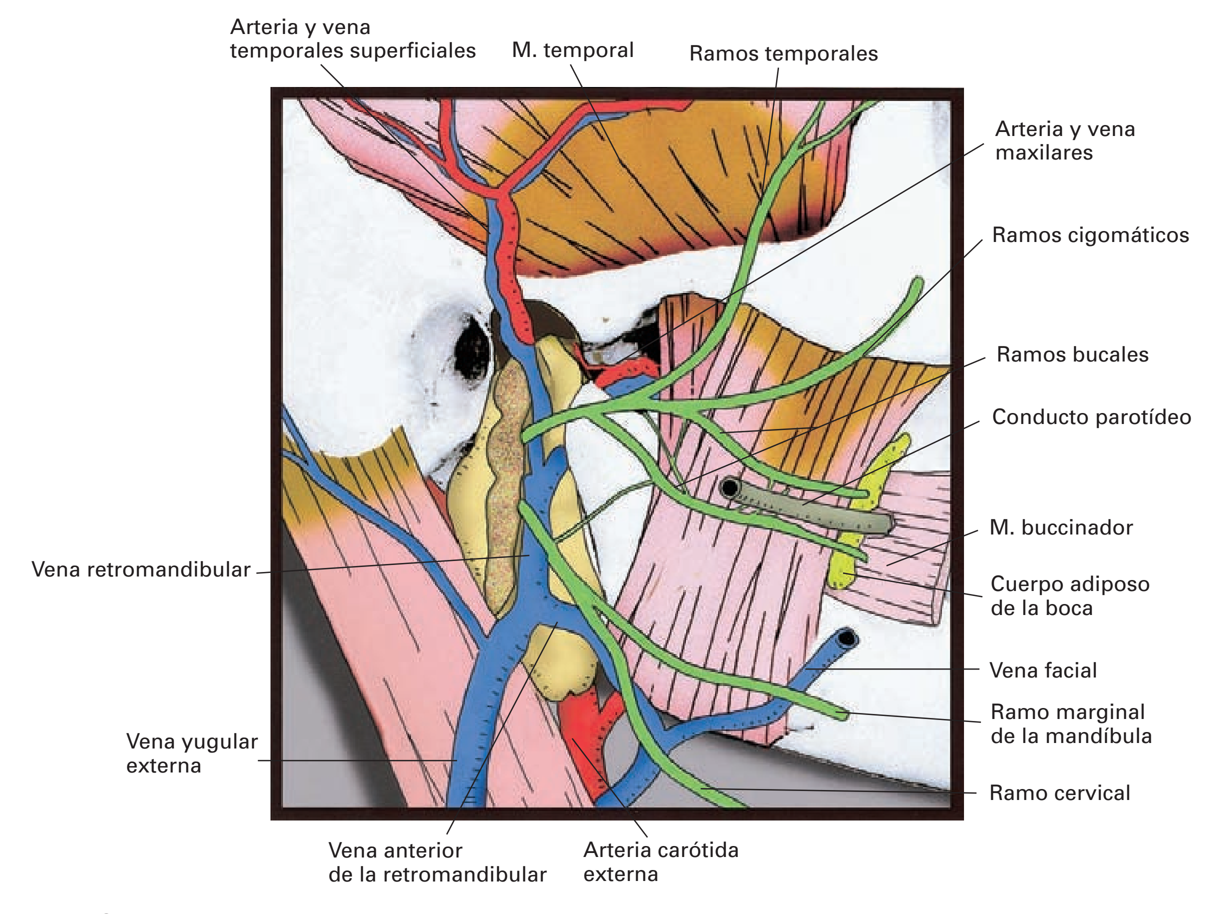


Figura 8-32. Glándula parótida abierta para mostrar los elementos vasculonerviosos que la atraviesan. Visión lateral.

prendido entre diversas referencias óseas. En este espacio se dispone por detrás de la rama ascendente de la mandíbula, debajo del conducto auditivo externo y del arco cigomático, y por delante de las apófisis mastoides y estiloides.

La parótida está envuelta en la **fascia parotídea**, que la encierra completamente en una celda conjuntiva.

En algunas partes, la glándula se adhiere fuertemente a la fascia de cobertura difultando la cirugía (por ejemplo, la extirpación de un tumor).

Forma

La parótida adopta, a grandes rasgos, la forma de la región que ocupa acoplándose a las estructuras vecinas limitantes. Se distinguen la base, el vértice y el cuerpo.

La *base* de la parótida corresponde al conducto auditivo externo, a la articulación temporomandibular y al arco cigomático.

> Las inflamaciones de la parótida provocan dolor en el oído externo, que se acrecienta durante los movimientos de la mandíbula por irritación de la articulación temporomandibular; así mismo, la inflamación puede propagarse a la articulación (artritis) o al oído externo (otitis).

El *vértice* es inferior y está ubicado inmediatamente por detrás del ángulo de la mandíbula; una condensación de la fascia parotídea (*ligamento intermaxiloparotídeo*) hace de frontera entre la parótida y la submandibular.

El *cuerpo* de la parótida adopta una forma aproximadamente prismática triangular, y se distinguen tres caras: externa o superficial, posterior y anterior.

La *cara externa* es subyacente a la piel y al tejido celular subcutáneo; en condiciones normales no hace relieve ni se palpa, pues la fascia parotídea lo impide.

> Cuando la parótida se inflama (**parotiditis**), la glándula aparece abultada por detrás de la mandíbula. La inflamación más corriente es la parotiditis epidémica (paperas), una infección vírica que provoca tumefacción y dolor intenso en la región; este último se debe a que la cápsula fibrosa que contiene la glándula se tensa e irrita las terminaciones nerviosas.

La *cara posterior* contacta, de fuera adentro, con la apófisis mastoides y el músculo esternocleidomastoideo, el vientre posterior del digástrico y la apófisis estiloides con el conjunto de músculos del diafragma estíleo. Todos estos elementos están tapizados y envueltos por un tabique conectivo que se extiende hasta la pared de la faringe y que no es otra cosa que la propia fascia parotídea (*fascia parotídea profunda*). A través del diafragma estíleo, la parótida entra en relación inmediata con los elementos del espacio retroestiloideo, especialmente la arteria carótida interna y la vena yugular interna.

La *cara anterior* es acanalada y abraza por detrás al masetero, el borde posterior de la rama ascendente de la mandíbula y el músculo pterigoideo medial. Normalmente envía sobre la cara externa del masetero una prolongación triangular, la *prolongación anterior*, que, incluso, puede aislarse del resto de la parótida constituyendo una **parótida accesoria**.

La unión en cuña de las caras anterior y posterior forma la **prolongación faríngea**, que se introduce hacia dentro en dirección a la pared lateral de la faringe, con la que puede llegar a contactar.

La parótida está atravesada de atrás adelante por el nervio facial y en sentido vertical por la arteria carótida externa y la vena yugular externa (retromandibular). El nervio auriculotemporal atraviesa la parte superior de la glándula (véase estos elementos y Región parotídea). Las ramas del facial dividen la glándula en una **porción superficial** y otra **profunda**.

> **Paratidectomía.** En caso de tumores de la parótida, ésta puede extirparse. El cirujano debe tener especial cuidado con el nervio facial tratando de identificarlo y de aislar sus ramas con objeto de evitar una parálisis facial.

Conducto parotídeo

El **conducto parotídeo** (*conducto de Stenon*)[7] es el conducto excretor de la parótida. Emerge de la glándula a nivel de su prolongación anterior, generalmente como resultado de la fusión de dos conductillos intraparotídeos de origen. Se dirige hacia delante, por fuera del masetero, encerrado en un desdoblamiento de la *fascia maseterina* (prolongación anterior de la fascia parotídea); llegado al borde anterior del masetero profundiza medialmente en la región geniana donde, contorneando la grasa del cuerpo adiposo de la boca, atraviesa el músculo bucinador y, tras recorrer oblicuamente la mucosa de la mejilla, desemboca en la cavidad bucal a la altura del segundo molar superior (una pequeña papila señala el lugar de la apertura). El conducto, de paredes gruesas, tiene una longitud aproximada de 5 cm y un diámetro de 4 mm. Su trayecto puede localizarse a un través de dedo por debajo del arco cigomático siguiendo una línea que una el trago con el labio su-

[7] Niels Stensen (1638-1686), anatomista y teólogo danés. La denominación de Stenon viene del nombre del conducto descubierto por él: *ductus stenonianus.* Describió las glándulas salivales y su obra contribuyó a establecer el concepto de secreciones exocrinas.

perior; a este nivel puede palparse con solo contraer el masetero apretando los dientes.

El conducto puede explorarse con **sialografía**: mediante una fina cánula se introduce por el orificio bucal del conducto un contraste radiopaco que permite visualizar el conducto y sus ramificaciones intraparotídeas.

El orificio puede explorarse con una linterna y observar la emisión de saliva, la cual puede ser estimulada con alguna sustancia de sabor ácido. La paródida puede producir cálculos que bloquean el conducto parotídeo y la emisión de saliva.

Relaciones (véase Región parotídea)

Vascularización

La parótida está irrigada por pequeñas ramas parotídeas prodedentes de la **arteria carótida externa**, bien directamente de su tronco cuando recorre la parótida, bien de la auricular posterior.

La sangre venosa es recogida por la **vena retromandibular**.

La linfa drena en los **ganglios linfáticos parotídeos** (superficiales y profundos) y, a su través, llega a los **ganglios cervicales superficiales y profundos**.

Inervación

La glándula recibe *fibras parasimpáticas* del sistema del **nervio glosofaríngeo**. Las fibras preganglionares se originan en el núcleo salivatorio inferior y discurren con este nervio y sus ramas hasta el ganglio ótico, asiento de la segunda neurona parasimpática. Las fibras posganglionares se incorporan al nervio auriculotemporal para alcanzar las glándulas de la parótida y estimular su secreción.

Las *fibras simpáticas* posganglionares proceden de la cadena ganglionar cervical y llegan a la glándula mediante el **plexo nervioso carotídeo externo**. Terminan en la pared de los vasos intraparotídeos.

Hay *fibras sensitivas aferentes*, procedentes de la fascia parotídea que discuren con el nervio auricular mayor (rama del plexo cervical).

La secreción parotídea, como la de las demás glándulas salivales, es estimulada por mecanismos reflejos originados por estímulos muy diversos: gustativos, olfatorios o psíquicos. Estos últimos obedecen a reflejos condicionados mediante los cuales el hecho de imaginar la comida, provoca la secreción de saliva.

GLÁNDULA SUBMANDIBULAR

La **glándula submandibular** (Figs. 8-33 y 8-34) es una glándula mixta con predominio de las células serosas sobre

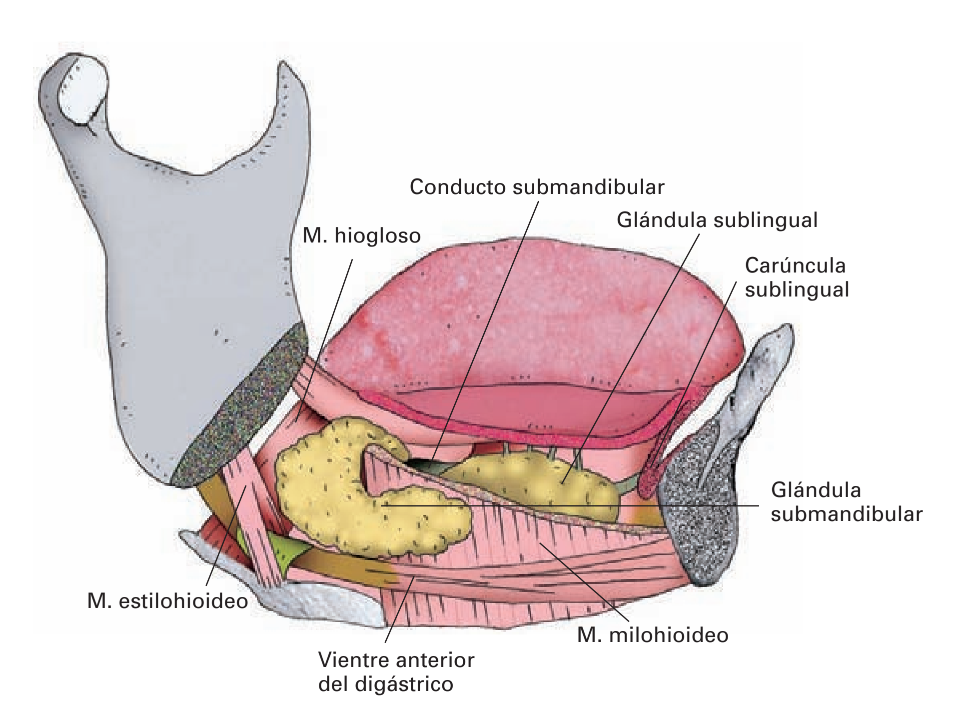


Figura 8-33. Visión lateral de las glándulas submandibular y sublingual tras resecar el cuerpo de la mandíbula.

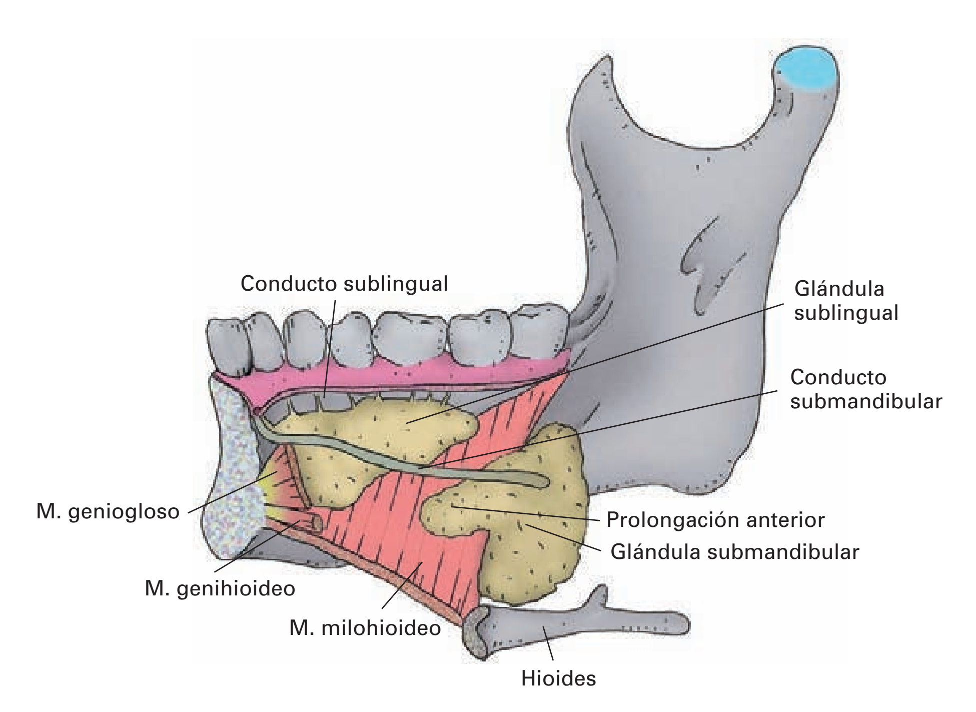


Figura 8-34. Visión medial de las glándulas submandibular y sublingual en relación con el suelo de la boca. La mucosa bucal ha sido seccionada en el surco alveololingual.

las mucosas. Su tamaño es, aproximadamente, la mitad del de la parótida. La coloración es rosáceo-amarillenta.

Situación

La glándula submandibular se sitúa en la región del **triángulo submandibular**, bajo el suelo de la boca. Este triángulo queda comprendido entre el borde inferior de la mandíbula y los vientres del músculo digástrico. La submandibular ocupa casi todo el triángulo. Dado que uno de los elementos fundamentales del suelo de la boca, el músculo milohioideo, forma un ángulo con la cara interna del cuerpo de la mandíbula, la glándula, por arriba, se oculta bajo el borde mandibular.

Forma

La glándula presenta tres caras: superoexterna, inferoexterna e interna o profunda.

La *cara superoexterna (cara mandibular)* está, en su parte alta, oculta por el cuerpo de la mandíbula, y, en su parte baja, sobresale bajo el borde inferior de éste cubierta por la fascia cervical.

Esta superficie de la glándula está asociada a los ganglios linfáticos submandibulares. El médico debe saber explorar bien al tacto estas estructuras y diferenciarlas.

La *cara interna o profunda* contacta con los elementos musculares del triángulo submandibular. Hacia abajo se relaciona con el asa que forman los dos vientres del digástrico y el músculo estilohioideo, llegando a contactar con el hioides. Por encima de esta asa muscular, la glándula se apoya, de delante atrás, sobre el músculo milohiodeo, el músculo hiogloso y la pared faríngea.

De esta cara interna sale la *prolongación profunda* o *anterior*, que se introduce por encima del músculo milohiodeo, por el hiato entre el borde posterior de este músculo y el músculo hiogloso. La prolongación se sitúa bajo la mucosa del suelo bucal y alcanza a tocar la glándula sublingual.

La glándula sublingual está separada, por detrás, de la parótida mediante un tabique conectivo dependiente de la fascia cervical.

Conducto submandibular

El **conducto submandibular** (*conducto de Wharton*)[8] emerge de la cara profunda de la glándula y sobremonta el músculo milohiodeo en compañía de la prolongación profunda de la submandibular y medialmente a ella. Se dirige hacia delante, bajo la mucosa del suelo de la boca, paralelo a la lengua, entre los músculos hiogloso y geniogloso por dentro y la glándula sublingual por fuera. Ter-

[8] Thomas Wharton (1614-1673), médico inglés.

mina abriéndose en medio de la carúncula sublingual, un relieve situado en el suelo de la boca a los lados del frenillo lingual. El conducto tiene una longitud de 5 cm y una pared delgada y con pequeñas dilataciones. Se entrecruza con el nervio lingual.

Relaciones (véase Regiones del triángulo submandibular y sublingual)

Vascularización

Las arterias de la submandibular proceden de la **arteria facial**, por pequeños ramos directos (ramos glandulares) o a través de la arteria submentoniana.

La sangre venosa es recogida por la **vena facial**.

La linfa es drenada por los **ganglios linfáticos submandibulares** y los **cervicales profundos**.

GLÁNDULA SUBLINGUAL

La **glándula sublingual** (Figs. 8-33 y 8-34), la más pequeña de las glándulas mayores, es una glándula mixta con predominio de la secreción mucosa; la saliva de esta glándula es muy viscosa.

Es una glándula estrecha y alargada de atrás a delante.

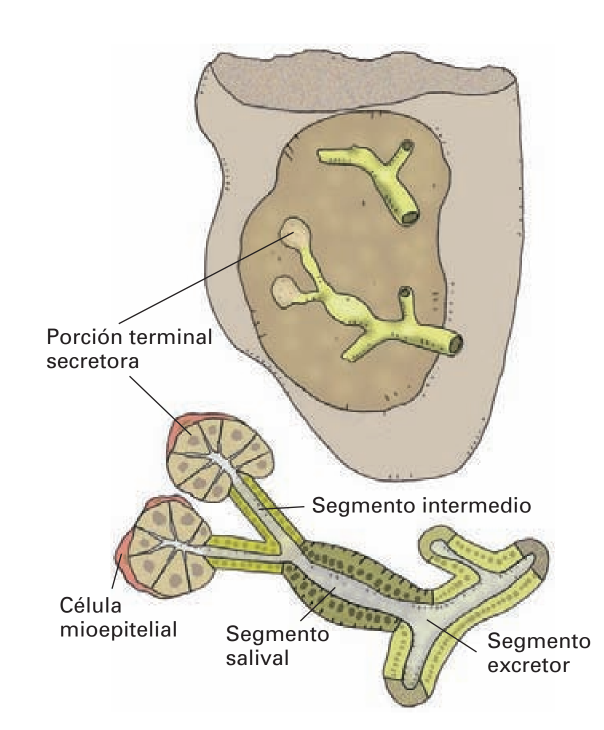


Figura 8-35. Representación esquemática de la estructura de una glándula salival mostrando las unidades secretoras de un lobulillo (porción terminal y sistema de conductos excretores).

Situación

La sublingual está situada en el suelo de la boca, en la **región sublingual**. Se encuentra comprendida entre la fosa sublingual del cuerpo de la mandíbula, por fuera; el músculo geniogloso y el conducto sublingual, por dentro; el músculo milohiodeo, por abajo; y la mucosa del surco alveololingual, por arriba. La glándula hace relieve en esta mucosa (pliegue sublingual). El extremo anterior de la glándula contacta con la sínfisis mentoniana y, ocasionalmente, con la glándula opuesta. El extremo posterior contacta con la prolongación anterior de la glándula submandibular.

Conductos excretores

La glándula drena por un conducto sublingual mayor y los conductos sublinguales menores.

El **conducto sublingual mayor** (*conducto de Rivinus*)[9] se abre a la carúncula sublingual, por fuera del conducto submandibular.

Los **conductos sublinguales menores** son unos 20 conductillos pequeños que se abren en el pliegue sublingual.

Relaciones (véase Región sublingual)

Vascularización

La irrigación arterial procede de la **arterias sublingual** (rama de la lingual) y la **arteria submentoniana** (rama de la facial).

La sangre venosa es recogida por la **vena lingual** mediante las venas sublingual y profunda de la lengua.

La linfa drena en los **ganglios submandibulares**.

Inervación

Las glándulas submandibular y sublingual tienen una inervación semejante.

a) *Inervación parasimpática*: las fibras preganglionares se originan en el nucleo salivatorio superior y discurren por el **nervio facial**, mediante la cuerda del tímpano se incorporan al nervio lingual y hacen sinapsis en el ganglio submandibular (y, cuando existe, también en el ganglio sublingual); de este ganglio salen fibras cortas posganglionares que penetran en las glándulas.

b) *Inervación simpática*: las fibras posganglionares proceden del ganglio cervical superior, alcanzan la glándula

[9] August Quirinus Rivinus (1652-1723), médico y botánico alemán. Profesor de la Universidad de Leipzig.

submandibular por el plexo que rodea la arteria facial y la sublingual por el plexo nervioso perilingual.

FARINGE

La **faringe** es un tubo fibromuscular, dinámico, que sirve de vía común a los aparatos digestivo y respiratorio, conduciendo el aire a la laringe y el alimento al esófago. La faringe contiene estructuras linfoepiteliales (**amígdalas**) que pertenecen al *tejido linfoide asociado a mucosas* (véase Sistema inmunitario), las cuales constituyen una importante barrera defensiva. Tiene forma de embudo, con la parte más ancha hacia arriba; mide unos 14 cm de longitud, alargándose y acortándose en los movimientos deglutorios. La faringe es, también, un órgano al servicio del habla, pues actúa como cámara de resonancia de la voz y los músculos que la configuran se mueven durante la emisión de las palabras.

> La faringe es un órgano fácilmente accesible a la exploración médica, que se puede observar, directamente, o con ayuda de algún dispositivo con espejo. Como puerta de entrada de frecuentes procesos infecciosos, el médico debe conocer bien su anatomía para poder apreciar la localización, las características y la intensidad de sus afecciones.

Situación

La faringe se extiende desde la base del cráneo hasta la altura de la sexta vértebra cervical o del borde inferior del cricoides, donde se continúa con el esófago (Fig. 8-4). Se dispone por delante de la columna cervical, de la que está separada por la musculatura prevertebral,y por detrás de las cavidades nasal, bucal y laríngea con las que comunica ampliamente. Debido a la amplia comunicación que presenta con estas cavidades, en realidad la faringe debe concebirse no como un tubo, sino como un conducto abierto hacia delante.

Estructura

La faringe está formada por cuatro capas que, de la profundidad a la superficie son: *a*) la **mucosa**, que tapiza la luz de la faringe y se continúa con la mucosa de todas las cavidades con las que comunica; *b*) un armazón fibroso denominado **fascia faringobasilar**; *c*) una **capa muscular** estriada y, *d*) una fascia de cobertura, la **fascia bucofaríngea**.

Describiremos primero el armazón fibroso de la faringe, luego la musculatura, la fascia de cobertura y, finalmente, la superficie interna.

Fascia faringobasilar

La **fascia faringobasilar** (Fig. 8-36) se encuentra interpuesta entre la mucosa por dentro y la musculatura por fuera. Tiene la forma de un conducto o semicilindro abierto hacia delante; la estructura de la faringe se organiza en torno a ella. Gruesa y resistente por arriba, se hace muy delgada y tenue por abajo. Se describen en la fascia unos bordes, mediante los cuales se fija a las estructuras vecinas: (superior, inferior y anteriores).

El *borde superior* se inserta en la base del cráneo y se fusiona al periostio en una línea que dibuja una especie de óvalo y que interesa a la apófisis basilar del occipital, especialmente el tubérculo faríngeo; la cara inferior del peñasco, primero por delante del orificio del conducto carotídeo y luego siguiendo el canal tubárico; la membrana que cubre el agujero rasgado, y, finalmente, el extremo superior de la lámina interna de la apófisis pterigoides.

El *borde inferior*, muy débil y laxo, se continúa con la submucosa del esófago.

Cada *borde anterior* del canal se inserta en una línea irregular que sigue toda la altura de la faringe desde la base del cráneo hasta el esófago: borde posterior de la lámina medial de la apófisis pterigoides, rafe pterigomandibular, tejido conectivo de la base de la lengua, línea milohiodea, ligamento estilohiodeo, astas del hioides, borde posterior del cartílago tiroides y cara posterior del cricoides.

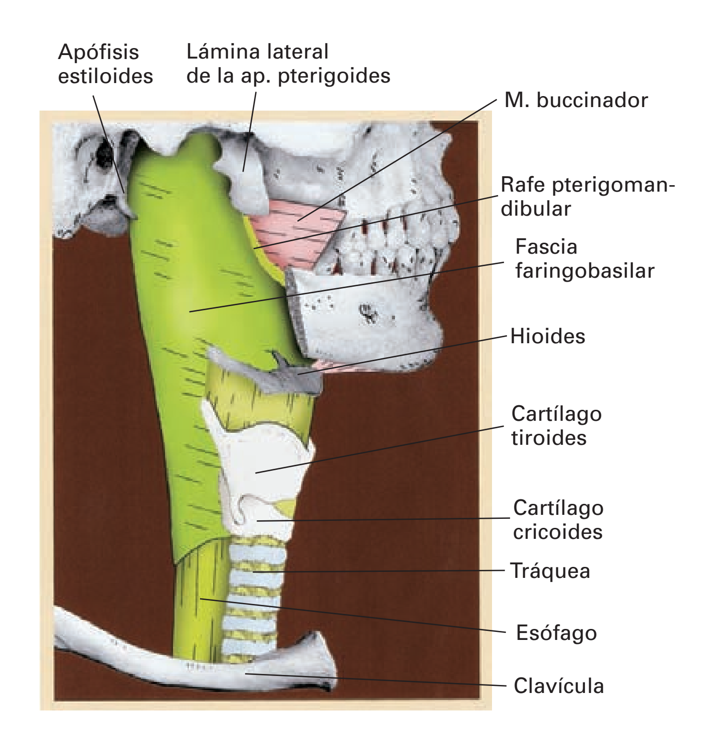


Figura 8-36. Fascia faringobasilar. Visión lateral esquemática de la faringe tras eliminar los músculos que revisten la fascia externamente.

Músculos de la faringe

La musculatura de la faringe se dispone en torno a la superficie externa de la fascia faringobasilar a la que se adhiere; es de carácter estriado y consta de dos grupos de músculos: **constrictores** y **elevadores** (Figs. 8-37 y 8-38).

Múculos constrictores

Los músculos constrictores son tres pares de músculos, constrictor superior, medio e inferior, que se superponen parcialmente entre sí como las tejas de un tejado, de manera que el inferior cubre al medio y éste al superior.

El músculo **constrictor superior** se origina en el borde posterior de la lámina medial de la apófisis pterigoides, el rafe pterigomabdibular (que lo separa del bucinador), la línea milohioidea de la mandíbula y la base de la lengua. Las fibras contornean la faringe y terminan entremezclándose con las del lado opuesto formando el **rafe faríngeo** mediante el cual alcanzan el tubérculo faríngeo del occipital. El músculo está separado de la base del cráneo por un espacio donde es visible la fascia faringobasilar.

El músculo **constrictor medio** se origina en las astas del hioides, contornea la faringe abriéndose en abanico y termina en el rafe faríngeo. Las fibras más altas cubren en parte al músculo constrictor superior.

El músculo **constrictor inferior** se origina en la cara lateral del cartílago tiroides hasta la línea oblicua, en el borde inferior del cricoides y en un arco fibroso extendido entre estos dos cartílagos que lo separa del músculo cricotiriodeo de la laringe. Tiene forma trapezoidal, contornea la faringe cubriendo la parte inferior del constrictor medio y termina entrecruzándose con el músculo del otro lado en el rafe faríngeo. Las fibras más inferiores, procedentes del cricoides, se confunden con la musculatura esofágica y actúan como un esfínter que mantiene cerrada la entrada al esófago.

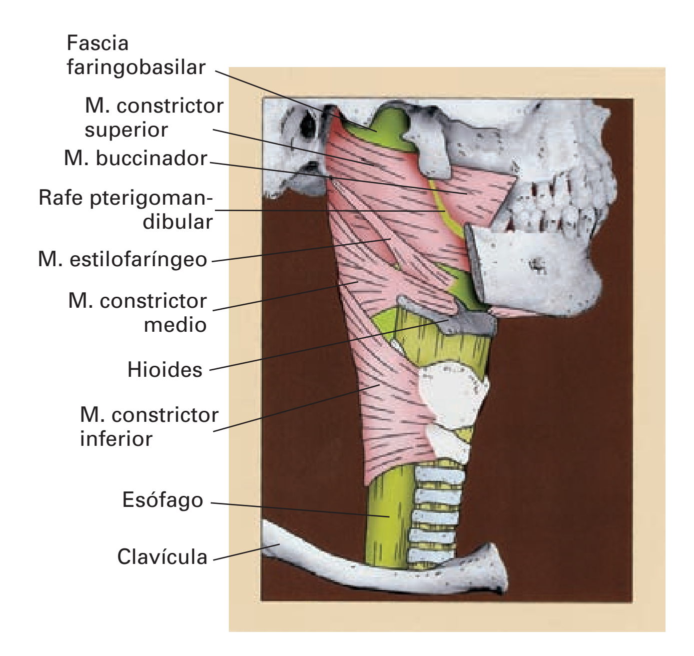


Figura 8-37. Músculos de la faringe. Visión lateral.

Hiatos de los constrictores. Dada la disposición superpuesta de los músculos constrictores y sus inserciones, en algunas zonas se forman hendiduras o hiatos para el paso de diversas estructuras.

a) Hiato entre el cráneo y el borde superior del constrictor superior; a este nivel la faringe está formada por las fascias y la mucosa. Da paso al músculo elevador del velo del paladar y a la trompa auditiva.

b) Entre el constrictor superior y el medio queda un hiato para el paso del músculo estilofaríngeo y el nervio glosofaríngeo.

c) Entre el constrictor medio e inferior, para el paso del nervio laríngeo interno y los vasos laríngeos superiores.

d) Bajo el borde inferior del constrictor inferior pasa el nervio laríngeo recurrente y los vasos laríngeos inferiores.

Músculos elevadores (Figs. 8-37 y 8-39)

Los músculos elevadores son el **estilofaríngeo**, el **palatofaríngeo** y el **salpingofaríngeo**; tienen una disposición longitudinal y se situan, en gran parte, por dentro de los músculos constrictores.

El músculo **estilofaríngeo** pertenece al diafragma de los estíleos; se origina en la apófisis estiloides, desciende, ensanchándose, hacia la pared faríngea en la que penetra por el hiato entre los constrictores superior y medio, y termina ampliamente sobre la fascia faringobasilar. Algunas fibras llegan hasta el cartílago tiroides.

El músculo **palatofaríngeo** pertenece al velo del paladar.

El músculo **salpingofaríngeo** se origina en la porción cartilaginosa de la trompa auditiva, desciende levantando el pliegue mucoso salpingofaríngeo de la nasofaringe y termina en la fascia faringobasilar.

Acción de los músculos faríngeos

Los músculos constrictores, como su nombre indica, constriñen la luz de la faringe durante la deglución. Los elevadores elevan la faringe acortando su eje vertical; esta acción se efectúa tanto durante la deglución como al hablar.

Fascia bucofaríngea

La **fascia bucofaríngea** es una condensación del tejido conectivo celular que rodea la faringe; en realidad, es una

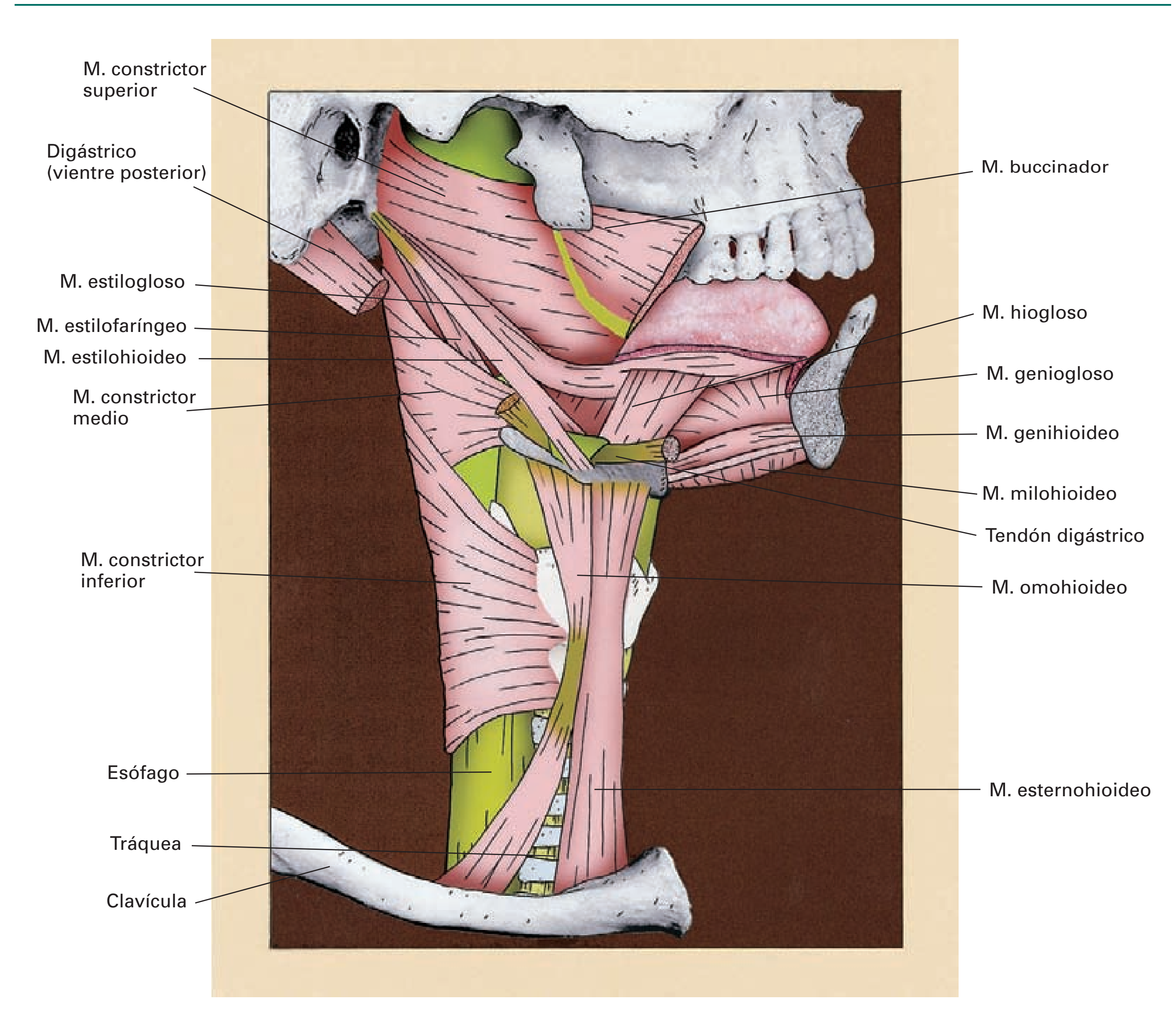


Figura 8-38. Músculos de la faringe y de la lengua. Visión lateral.

dependencia de la vaina visceral que envuelve todas las vísceras de los órganos cefalocervicales. Reviste la musculatura faríngea por fuera y, a través de ella, la faringe establece sus relaciones topográficas. Por arriba se fusiona a la fascia faringobasilar para insertarse en el cráneo, y, hacia abajo, se continua con la fascia periesofágica. Hacia los lados se une a la fascia parotídea profunda que envuelve el diafragma estíleo (*aletas faríngeas*). Por detrás emite dos *tabiques parasagitales* que se unen con la hoja prevertebral. Entre estos tabiques, la faringe y la musculatura prevertebral se forma el **espacio retrofaríngeo**.

Abscesos retrofaríngeo y parafaríngeo. En el espacio retrofaríngeo o a los lados de la faringe se pueden formar abscesos a partir de colecciones de pus en los ganglios linfáticos retrofaríngeos por propagación de infecciones de la pared faríngea, las amígdalas o los senos paranasales. Se trata de un proceso grave que se puede complicarse con obstrucción de la vía respiratoria y diseminación del pus al mediastino (**mediastinitis**) o invasión de las venas yugulares internas (**tromboflebitis**).

Superficie interior de la faringe

La cavidad de la faringe comunica ventralmente con las fosas nasales, la cavidad bucal y la laringe (Figs. 8-4 y 8-39). Por ello, la faringe se divide en tres partes: **nasofaringe** o porción nasal, **bucofaringe** o porción bucal y **laringofaringe** (hipofaringe) o porción laríngea. La nasofaringe está separada de la bucofaringe por un plano horizontal que pasa por el velo del paladar; la bucofaringe está separada de la laringofaringe por otro plano horizontal que pasa a nivel del hioides.

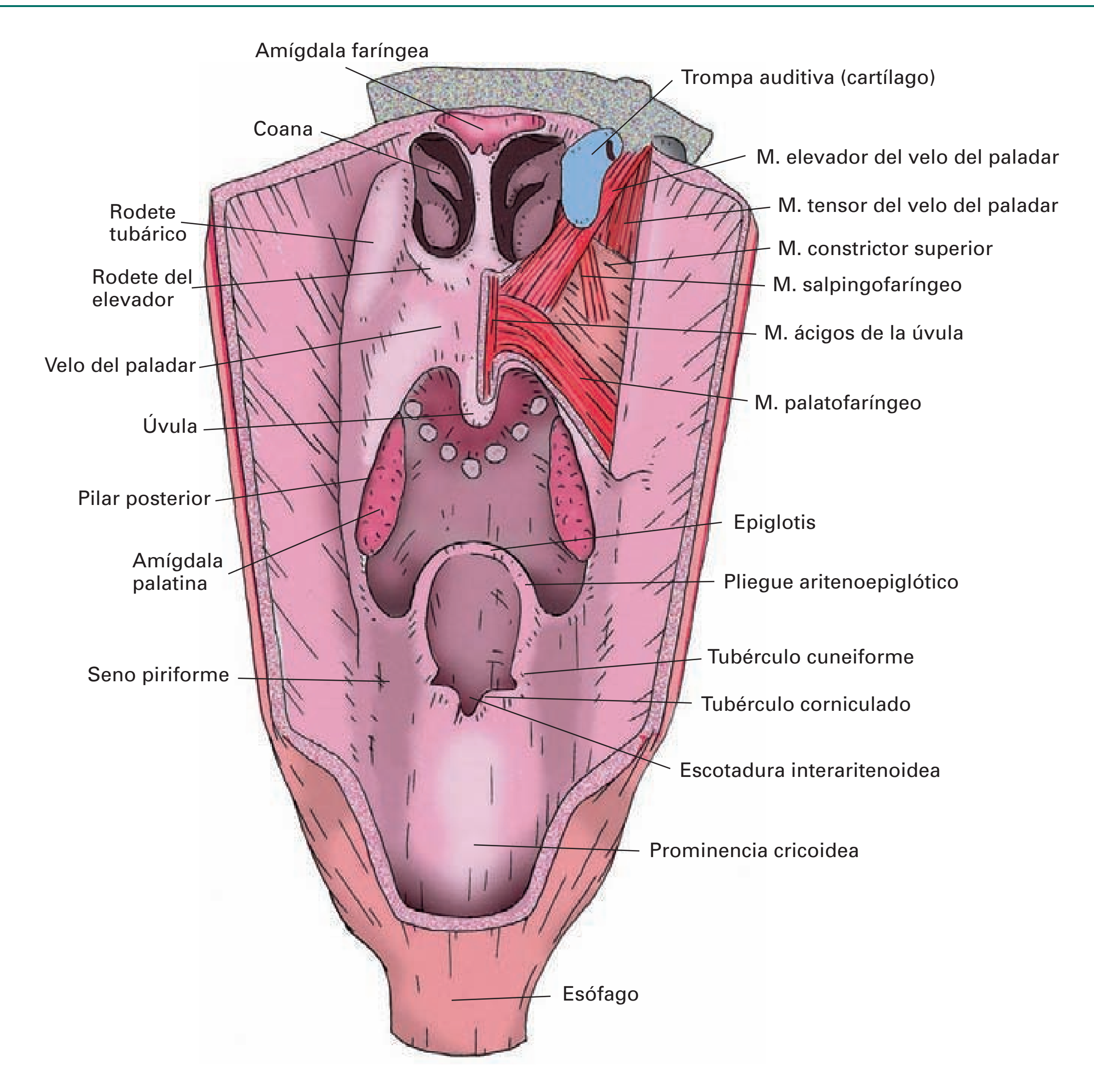


Figura 8-39. Interior de la faringe tras abrir su pared por detrás. En una mitad de la nasofaringe la mucosa ha sido resecada para mostrar los músculos del velo del paladar.

Nasofaringe

La **nasofaringe** es, exclusivamente, una porción respiratoria de la faringe. Se describe bien como un espacio cúbico en el que se distinguen seis paredes: anterior, posterior, superior (techo faríngeo) inferior (abierta a la bucofaringe) y laterales.

En la *pared anterior* se encuentra una amplia ventana que se abre a las fosas nasales, las coanas. Por debajo de éstas hace relieve el paladar blando, que es móvil y que, en algunas posiciones, hace de suelo que separa esta zona de la bucofaringe.

El *techo y la pared posterior* forman una estructura continua y abovedada que contacta con la cara inferior del cuerpo del esfenoides, la apófisis basilar del occipital y el atlas. En la mucosa de esta zona del techo y la pared posterior se encuentra la **amígdala faríngea**. En el centro de la amígdala o por detrás puede observarse un receso ciego, **la bolsa faríngea**.

En las *paredes laterales* desemboca la trompa auditiva (**orificio faríngeo de la trompa auditiva**) Este orificio está enmarcado por arriba y por detrás por el **rodete tubárico**, que viene determinado por la protrusión que hace el propio cartílago de la trompa; el rodete se continúa hacia abajo mediante el **pliegue salpingofaríngeo**, levantado por el músculo de esta denominación. Por abajo, el orificio de la trompa está limitado por el relieve mucoso del músculo elevador del velo del paladar (**rodete del elevador**). Rodeando el orificio faríngeo, preferentemente hacia atrás, se encuentra la **amígdala tubárica**. Por detrás del rodete tubárico, la pared de la faringe se hunde un poco (**receso faríngeo** o *receso de Rosenmü-*

ller)[10], una zona donde la faringe está en contacto con la arteria carótida interna.

Adenoides o vegetaciones. La amígdala faríngea, en los niños, puede hipertrofiarse e infectarse llegando a bloquear la comunicación con las fosas nasales. Hay dificultad respiratoria con la tendencia a respirar continuamente por la boca, alteración de la voz, catarros frecuentes y ronquidos. Si no remite con antibióticos, está indicada su extirpación (**adenoidectomía**). La cronificación del proceso en la infancia altera el desarrollo facial, causando la «facies adenoidea», caracterizada por pómulos planos, labio inferior evertido y labio superior corto. La razón de estos cambios anatómicos se debe a la respiración por la boca: en estas condiciones, la lengua no hace presión sobre el paladar y éste se desarrolla de forma más estrecha.

La **amigdalitis tubárica** tiene tendencia a propagarse a las trompas auditivas produciendo hipoacusia por taponamiento de las mismas. La infección puede extenderse al oído medio (otitis).

Bucofaringe

La bucofaringe es una porción digestiva y respiratoria de la faringe.

Por *delante* comunica con la cavidad bucal a través del **istmo de las fauces** (véase más adelante); más abajo se dispone la porción faríngea de la lengua, unida a la epiglotis por los repliegues glosoepiglóticos medio y laterales.

Por *detrás*, la pared faríngea corresponde a las vértebras cervicales segunda y tercera.

Las *paredes laterales* de la faringe tienen gran interés para el médico, pues es la estructura interna del organismo que con más frecuencia se observa en las exploraciones clínicas (Figs. 8-2; 8-3 y 8-40). En esta pared se encuentran los pilares del velo del paladar, dos relieves mucosomusculares que divergen desde el paladar blando: **pilar anterior o arco palatogloso** y **pilar posterior o arco palatofaríngeo**; los pilares posteriores sobresalen por dentro de los anteriores. El pilar anterior se dirige hacia la base de la lengua y tiene en su espesor al músculo palatogloso. Entre los pilares anteriores, la úvula por arriba y la base lingual por abajo, se delimita el **istmo de las fauces**[11], límite con la boca. El pilar posterior contiene en su espesor al músculo palatofaríngeo y se pierde sobre la pared lateral de la faringe. Entre los pilares posteriores, la úvula y la pared posterior de la faringe se delimita el **istmo faringonasal**, comunicación con la bucofaringe. Los pilares se unen por arriba mediante el pliegue semilunar, delimitándose así, entre estos relieves, la **fosa amigdalina**, ocupada por la amígdala.

La **amígdala palatina** tiene forma de almendra, con un tamaño aproximado de 2 cm de longitud y 1 cm de espesor. El tamaño varía con la edad; crece en el niño pequeño y suele alcanzar su máximo tamaño hacia los siete años; en la época adulta comienzan a atrofiarse, constituyendo en el anciano una estructura rudimentaria y fibrosa. Las amígdalas, cuando son normales, no sobresalen de los pilares y tienen una coloración rosácea como la mucosa faríngea. Con frecuencia, la amígdala infiltra los tejidos vecinos prolongándose hacia el paladar, el pilar anterior o la amígdala lingual del dorso de la lengua. La *superficie medial* tiene un aspecto mamelonado con numerosos orificios (15 a 20) que comunican con pequeños divertículos internos denominados **criptas amigdalinas**. La superficie lateral está tapizada por la **cápsula amigdalina**, una condensación de tejido conectivo ocupada por vasos y fibras nerviosas que se adhiere firmemente a la amígdala mediante tabiques que penetran en su interior; externamente, la cápsula se separa bien de la pared faríngea por la existencia de un tejido conectivo laxo; a este nivel la pared faríngea corresponde al músculo constrictor superior. Por encima de la amígdala, en el vértice del lecho amigdalino, está la **fosa supraamigdalina** (resto embriológico de la segunda bolsa faríngea), que puede llegar a extenderse en el interior del paladar. La amígdala suele estar unida al pilar anterior mediante un pliegue accesorio (**pliegue triangular**).

Amigdalitis. Es la inflamación aguda de las amígdalas palatinas. Generalmente es provocada por virus o por bacterias (estreptococos). Hay fiebre, dolor de garganta, dificultad para comer, cefalea, etc. Se aprecia que las amígdalas están enrojecidas y aumentadas de tamaño; puede haber pus en las criptas, en forma de punteado blanquecino. Si son muy recidivantes, está indicada la **amigdalectomía**, en cuyo caso hay que procurar no romper la pared faríngea, ya que en la vecindad discurren las arterias carótidas y el nervio glosofaríngeo.

La amigdalitis puede complicarse con un **absceso periamigdalino**, consistente en una colección purulenta entre la amígdala y el músculo constrictor superior. Si no remite con antibióticos, debe incidirse con el bisturí para drenar el pus.

Laringofaringe

La **laringofaringe** (Figs. 8-4 y 8-39) es una encrucijada vital de la vía respiratoria y digestiva; se estrecha progresivamente hacia abajo, donde se continúa con el esófago a nivel del borde inferior del cartílago cricoides. El **orificio esofágico** es, en reposo, una hendidura muy estrecha que se dilata con el paso del bolo alimenticio; en este punto las fibras del constrictor inferior se continúan con la musculatura esofágica y se forma el esfínter esofágico superior (véase Esófago).

[10] Johan Christian Rosenmüller (1771-1820), médico y anatómico alemán.

[11] Fauces, del latín *faucis* = garganta

Por *delante* comunica ampliamente con la laringe mediante el **aditus laríngeo**; más abajo hace relieve la cara posterior de la laringe contribuyendo a estrechar la luz faríngea; a los lados están los **recesos** o **senos piriformes**, dos canales verticales comprendidos entre la pared lateral del vestíbulo laríngeo y las láminas del tiroides por los que resbalan los líquidos en la deglución.

> El nervio laríngeo interno discurre por la pared del seno piriforme y puede lesionarse al extraer un cuerpo extraño que perfore la mucosa.

Por *detrás*, la laringofaringe corresponde a las vértebras cervicales tercera a sexta.

> La **mucosa** faríngea está formada a nivel de la nasofaringe por un epitelio ciliado pseudoestratificado y, en el resto de su extensión, por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado. En la nasofaringe son abundantes las microglándulas.

El conjunto de las formaciones linfoides de la faringe, las amígdalas faríngea, tubárica, palatina y lingual, constituye la barrera defensiva denominada *anillo linfático de Waldeyer*[12].

VELO DEL PALADAR

El **velo del paladar** o **paladar blando** (Figs. 8-39 y 8-40) es un tabique fibromuscular revestido de mucosa que prolonga hacia atrás el paladar óseo y contribuye a separar la nasofaringe de la bucofaringe. Muy móvil, puede elevarse y descender, a modo de «puente levadizo». Al descender llega a contactar con la lengua y al ascender se pone horizontal y separa completamente las porciones nasal y bucal de la faringe impidiendo el paso de alimento a la fosa nasal durante la deglución.

De forma cuadrilátera, presenta una cara superior hacia la nasofaringe; una cara inferior hacia la bucofaringe; un borde anterior que se fija en el borde del paladar óseo; unos bordes laterales que se adhieren y forman cuerpo con las paredes de la faringe; y un borde posterior, libre, que se prolonga en la línea media mediante un relieve cónico, la **úvula palatina** (*campanilla*) y hacia los lados mediante el origen de los pilares del paladar (véase más adelante).

Estructura

El paladar blando está constituido por la aponeurosis palatina, los músculos del velo del paladar y una cubierta mucosa como la del resto de la faringe (Fig. 8-41).

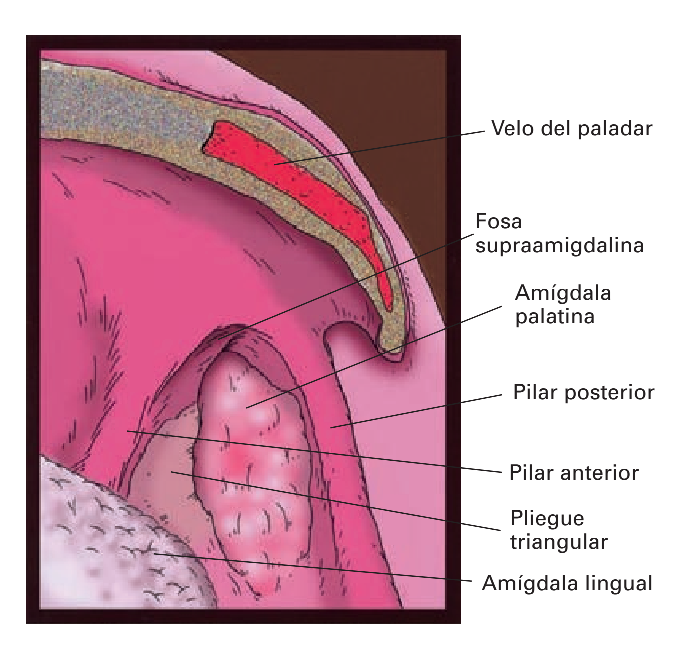


Figura 8-40. Orofaringe. Visión medial de la pared derecha.

La **aponeurosis palatina** es una lámina conectiva que forma el esqueleto fibroso del paladar blando y que se inserta por delante en el borde posterior del paladar duro y en los ganchos de las apófisis pterigoides. Resistente en su parte anterior, se adelgaza y prácticamente desaparece hacia el borde libre del paladar. Es, en realidad, el tendón terminal aplanado del músculo tensor del velo del paladar y sirve de punto de inserción a otros músculos.

Músculos del velo del paladar

Los músculos del paladar blando (Figs. 8-39 y 8-41) son un dispositivo motor de gran importancia durante la deglución y el habla (los precisos y ajustados movimientos del paladar contribuyen de manera decisiva a la articulación del lenguaje humano). Algunos de ellos también actúan sobre la trompa auditiva. A cada lado, hay cinco músculos: dos superiores, dos inferiores y uno intrínseco.

Los músculos superiores son el tensor del velo del paladar y el elevador del velo del paladar; los inferiores son el músculo palatogloso y el músculo palatofaríngeo, y el músculo intrínseco es el músculo de la úvula.

Músculo tensor del velo del paladar

(músculo periestafilino externo)

El músculo tensor del velo del paladar tiene su origen en el esfenoides (fosa escafoidea de la apófisis pterigoides y zona adyacente del ala mayor hasta la espina esfenoidal) y en la superficie externa de la porción cartilaginosa de la trompa auditiva. Desciende siguiendo la fosa pterigoidea por fue-

[12] Heinrich Wilhelm von Waldeyer (1836-1921), anatomista alemán. A él se deben los términos de neurona y de cromosoma.

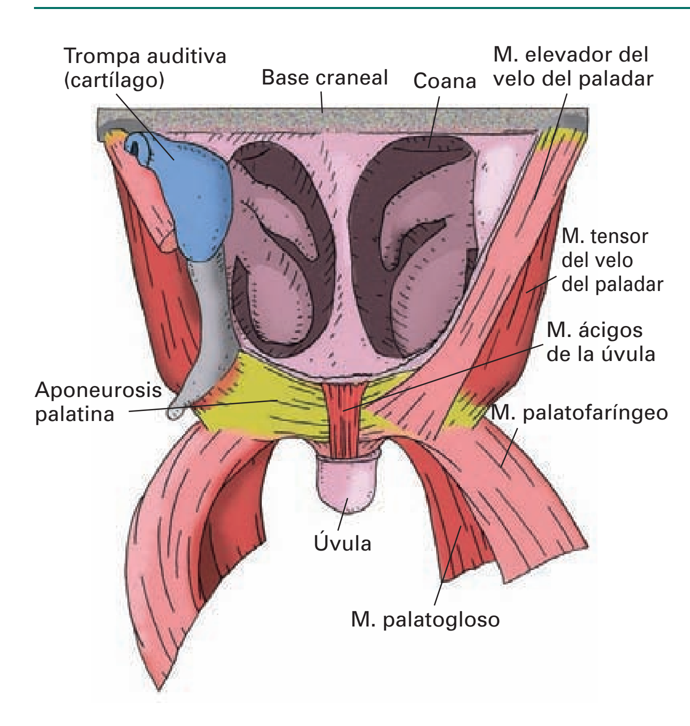


Figura 8-41. Músculos del velo del paladar. Visión posterior de la nasofaringe y de la orofaringe tras resecar parcialmente la mucosa.

ra de los músculos constrictor superior y elevador del velo del paladar, y por dentro del músculo pterigoideo medial. Sus fibras convergen en un tendón delgado que rodea el gancho de la pterigoides formando una escuadra, se hace horizontal y, pasando medialmente al origen del músculo bucinador, se expande en el velo mediante la aponeurosis palatina, verdadero tendón terminal del músculo que entremezcla sus fibras con las del lado opuesto. Los dos músculos tensores ofrecen, en conjunto, la imagen de un «columpio» con dos barras verticales y una barra horizontal.

Acción. La contracción de este músculo tensa el velo del paladar poniéndolo en posición horizontal; de este modo se contribuye al cierre de la comunicación entre nasofaringe y bucofaringe. Esta acción se comprende bien si se considera la dirección horizontal del trayecto terminal del músculo a partir del gancho de la apófisis pterigoides. Por otro lado, el músculo actúa sobre la trompa auditiva abriendo su luz y permitiendo la aireación de la caja del tímpano.

Músculo elevador del velo del paladar
(*músculo periestafilino interno*)

El músculo elevador del velo del paladar tienen su origen en el peñasco del temporal, entre el orificio carotídeo y el canal tubárico, así como en la superficie interna de la porción cartilaginosa de la trompa auditiva. De forma cilíndrica, aborda el espesor de la nasofaringe por el hiato entre el cráneo y el constrictor superior, y luego desciende oblicuamente hacia dentro entre este músculo y la mucosa faríngea, en la que hace un relieve por delante del músculo salpingofaríngeo. Termina expandiéndose en un haz complejo de fibras; unas terminan en la cara superior de la aponeurosis palatina y otras se entremezclan con las del lado opuesto por encima de ella.

Acción. Ambos elevadores actúan como los tirantes de un columpio sobre el paladar, llevándolo hacia arriba. Abren la luz de la trompa auditiva.

Músculo palatogloso

El músculo palatogloso se dispone, como un cordón fibroso, en el espesor del pilar anterior del velo del paladar. Nace en la superficie inferior de la aponeurosis palatina y termina en el espesor de la lengua a nivel del dorso y de los bordes laterales.

Acción. Los palatoglosos cierran, a modo de cortinillas, el istmo de las fauces durante la deglución; al tiempo, se oponen a la acción de los elevadores descendiendo el velo y aproximándolo a la lengua. Mediante estos movimientos se evita la regurgitación del alimento hacia la boca. Fijándose en el paladar llevan la lengua hacia atrás y hacia arriba.

Músculo palatofaríngeo

El músculo palatofaríngeo se sitúa en el espesor del pilar posterior del velo del paladar. Se origina, principalmente, en la cara superior de la aponeurosis palatina; otra fibras nacen entremezcladas con la porción terminal del músculo elevador del velo del paladar. Hacia la parte lateral del velo se le unen fibras procedentes del músculo salpingofaríngeo, luego penetra en el arco posterior del paladar y diverge ampliamente para terminar insertándose sobre la pared lateral de la faringe; las fibras más anteriores alcanzan el borde posterior de las láminas tiroideas y las más posteriores llegan a contornear la faringe por detrás, entremezclándose con las del lado opuesto.

Acción. Los palatofaríngeos actúan como un esfínter que tiende a estrechar el istmo nasofaríngeo para impedir el paso del alimento a la nasofaringe. Deprimen el velo del paladar y elevan la faringe.

Músculo de la úvula (*músculo palatoestafilino*)

El músculo de la úvula es un pequeño conjunto de fascículos musculares, paralelos y adyacentes a los del lado opuesto, junto con los cuales contribuye a formar el armazón del relieve de la úvula. Se origina en la espina nasal

posterior y en la aponeurosis palatina. Discurre hacia atrás bajo la mucosa de la cara nasal del paladar blando y penetra, finalmente, en la úvula, en cuya mucosa termina.

> Los **ronquidos** se deben a la vibración del velo del paladar durante el sueño. Generalmente, éste es un proceso normal en muchas personas; en otras ocasiones existe una causa subyacente, como obstrucción de la vía nasal (por congestión o adenoides) consumo excesivo de alcohol o toma de sedantes.

Vascularización de la faringe y del velo del paladar

Arterias. La faringe y el velo se irrigan por ramas de la **arteria carótida externa**: la faríngea ascendente, la facial (mediante la palatina ascendente y su rama tonsilar), y la maxilar (mediante la palatina descendente y la del conducto pterigoideo); la lingual contribuye a vascularizar la región amigdalina.

Venas. La sangre de la faringe es recogida en el plexo faríngeo que se abre a la vena yugular interna mediante las venas faríngeas, facial (vena palatina externa) y lingual. El velo drena en los plexos pterigoideos, por medio de las venas nasales, y en las venas de la base lingual.

Linfáticos. La linfa drena en los **ganglios cervicales profundos**. La linfa de la amígdala palatina drena en el ganglio yugulodigástrico, por debajo del ángulo de la mandíbula. La linfa de la nasofaringe drena también en los **ganglios retrofaríngeos**.

> En casos de amigdalitis, el ganglio yugulodigástrico está aumentado de tamaño y es doloroso con la palpación.

Inervación

La faringe y el velo del paladar están inervados por los nervios vago, glosofaríngeo, trigémino y por fibras simpáticas procedentes del ganglio cervical superior.

a) *Faringe.* La inervación principal de la faringe procede del **plexo faríngeo** formado por fibras entremezcladas de los nervios vago y glosofaríngeo y fibras simpáticas procedentes del ganglio cervical superior. Este plexo se sitúa en la fascia perifaríngea a nivel del músculo constrictor medio.

Las *fibras motoras* del plexo están destinadas a los músculos constrictores y salpingofaríngeo y proceden del nervio vago. El glosofaríngeo inerva el músculo estilofaríngeo.

Las *fibras sensitivas* del plexo proceden de las ramas faríngeas del nervio glosofaríngeo (nasofaringe y bucofaringe) y del vago (laringofaringe). El nervio maxilar contribuye a inervar la nasofaringe.

Las *fibras parasimpáticas* preganglionares se originan en el núcleo dorsal del vago y discurren con el vago hasta los microganglios de la pared faríngea, de donde salen pequeñas fibras posganglionares destinadas a inervar las microglándulas y la fibra lisa de la mucosa.

Las *fibras simpáticas* inervan la musculatura lisa de los vasos faríngeos.

b) *Velo del paladar.* Las *fibras motoras* para los músculos del velo proceden del nervio vago mediante el plexo faríngeo. Es excepción el músculo tensor del velo del paladar que está inervado por el nervio mandibular (rama del V par).

Las *fibras sensitivas* pertenecen al nervio glosofaríngeo y a los nervios palatinos menores de la rama maxilar del V par.

ESÓFAGO

El **esófago**[13] es un conducto muscular revestido de mucosa que une la faringe con el estómago. Su función es conducir el alimento al estómago durante la deglución y facilitar activamente su tránsito; además, impide el reflujo del alimento hacia la faringe.

> Los trastornos del transporte de los alimentos por el esófago dan un síntoma denominado **disfagia**, que consiste en una consciencia subjetiva de dificultad para tragar («la comida se atraganta») Obedece a diversas causas: compresiones externas de otros órganos sobre el esófago, obstrucciones de su luz (carcinoma esofágico) o alteraciones de los plexos nerviosos o de la fibra lisa de la pared esofágica. La disfagia no debe confundirse con el denominado «bolo histérico», una sensación de tener «algo» en la garganta, generalmente asociado a trastornos de ansiedad.

Situación y partes

El esófago comienza a la altura del borde inferior del cricoides, frente a la sexta vértebra cervical, y termina abriéndose en el estómago por el orificio del **cardias** a nivel del flanco izquierdo de la undécima vértebra torácica (Fig. 8-42).

En su trayecto descendente recorre la parte inferior del cuello, y el tórax, atraviesa el diafragma por el hiato esofágico y alcanza el abdomen, donde se continúa con el estómago por el cardias. En todo este trayecto se sitúa por delante de la columna vertebral, si bien, a medida que se aproxima al diafragma, se va separando de ella. Según su recorrido se distinguen cuatro porciones: cervical, torácica, diafragmática y abdominal.

[13] Del griego *oisophagos* (*oisai* = llevar; *phagos* = comer).

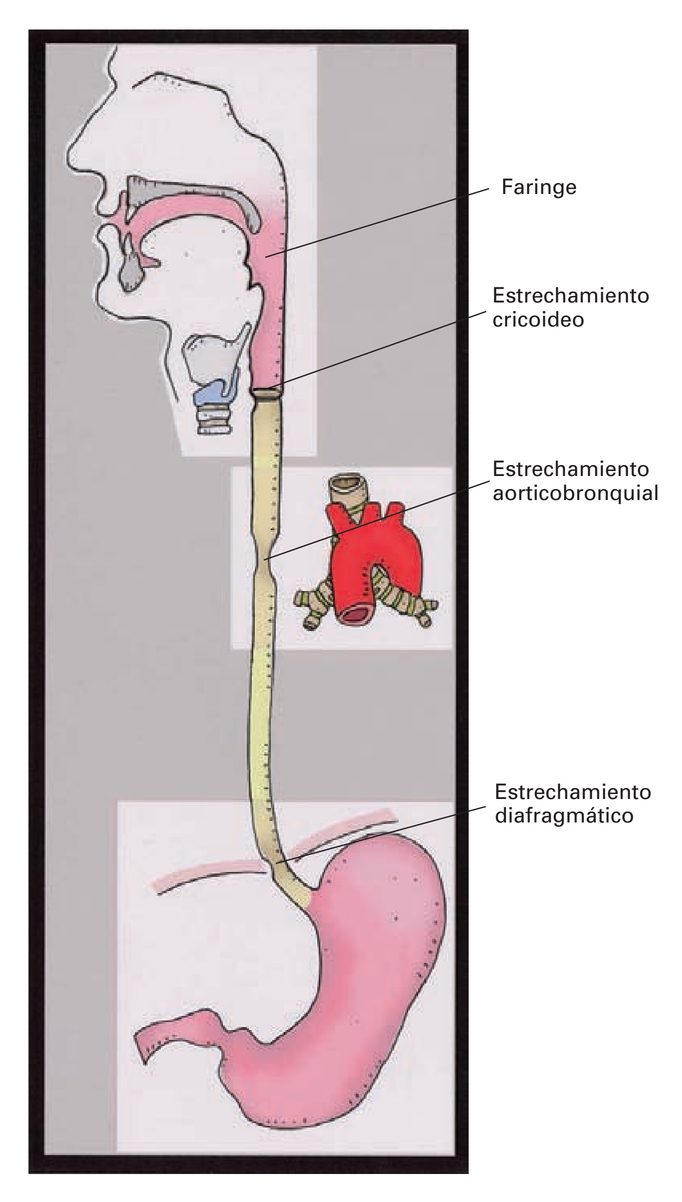


Figura 8-42. Representación esquemática del esófago mostrando su trayecto general y sus estrechamientos.

La **porción cervical** (Figs. 8-37 y 8-38) se extiende desde su origen hasta el orificio superior del tórax y ocupa el **espacio visceral del cuello**, donde se dispone inmediatamente por detrás de la tráquea, a la que se adhiere mediante la vaina visceral que los envuelve.

La **porción torácica** (véase Figs. 15-12 y 15-38) recorre toda la longitud del tórax, primero en el mediastino superior y, luego, y muy extensamente, en el mediastino posterior, del que constituye su órgano eje. En el **mediastino superior** se sitúa por detrás de la tráquea y por delante de la columna vertebral; el flanco izquierdo es cruzado por el cayado de la aorta, que lo desplaza hacia la derecha, y el flanco derecho está cruzado por el cayado de la vena ácigos. En el **mediastino posterior**, el esófago desciende entre las pleuras mediastínicas, por detrás de la bifurcación traqueal, el bronquio izquierdo y el pericardio que reviste la aurícula izquierda; por delante de la columna torácica, de la que se va separando porque la aorta descendente se coloca progresivamente entre la columna y el esófago.

La **porción diafragmática** pasa por el hiato esofágico y es muy corta, aproximadamente 1 cm, se sitúa a nivel de la décima vértebra torácica por delante y por encima del orificio aórtico.

La **porción abdominal** (Fig. 8-64) es corta, unos 2 cm, y ocupa el **espacio supramesocólico** por detrás del lóbulo izquierdo del hígado. Está cubierta de peritoneo, excepto por detrás, donde se apoya directamente sobre el pilar izquierdo del diafragma.

En cirugía se suele dividir el esófago en tres partes: *a*) *esófago proximal*, formado por su tercio superior hasta el cayado de la aorta, *b*) *esófago medio*, formado por el tercio medio del esófago, desde el borde superior del cayado de la aorta a la bifurcación traqueal y, *c*) *esófago distal*, formado por el tercio inferior restante del esófago.

Forma

El esófago tiene una longitud media que está muy relacionada con la talla y es de unos 25 cm en el varón y 23 cm en la mujer. (Desde el labio inferior a la entrada hay 15 cm y hasta el cardias, entre 40-45 cm.)

La longitud del esófago tiene interés para realizar adecuadamente un **sondaje gástrico,** por ejemplo, cuando a causa de una intoxicación debe procederse a un lavado de estómago.

El conducto esofágico no es rectilíneo ni tiene un calibre uniforme.

El trayecto del esófago presenta una serie de curvas tanto en el plano sagital como en el frontal. En el plano sagital, el esófago se adapta a la curvatura de la columna y es, en consecuencia, ligeramente cóncavo hacia delante. En el plano frontal, el esófago es primero vertical y se ubica en la línea media; luego, a la altura de la vértebra T4, el cayado de la aorta lo desplaza ligeramente hacia la derecha; finalmente, cuando la aorta se ha hecho posterior al esófago, hacia T7, éste se desvía hacia la izquierda hasta su terminación.

El diámetro del esófago presenta tres *estrechamientos* importantes: cricoideo, aorticobronquial y diafragmático (Figs. 8-42 y 8-43). El **estrechamiento cricoideo** se encuentra a nivel de la unión con la faringe y está producido por la contracción tónica del esfinter esofágico superior (véase más adelante). El **estrechamiento bronco-aórtico** se debe a la relación íntima con el cayado de la aorta y el bronquio izquierdo. El **estrechamiento diafragmático** se

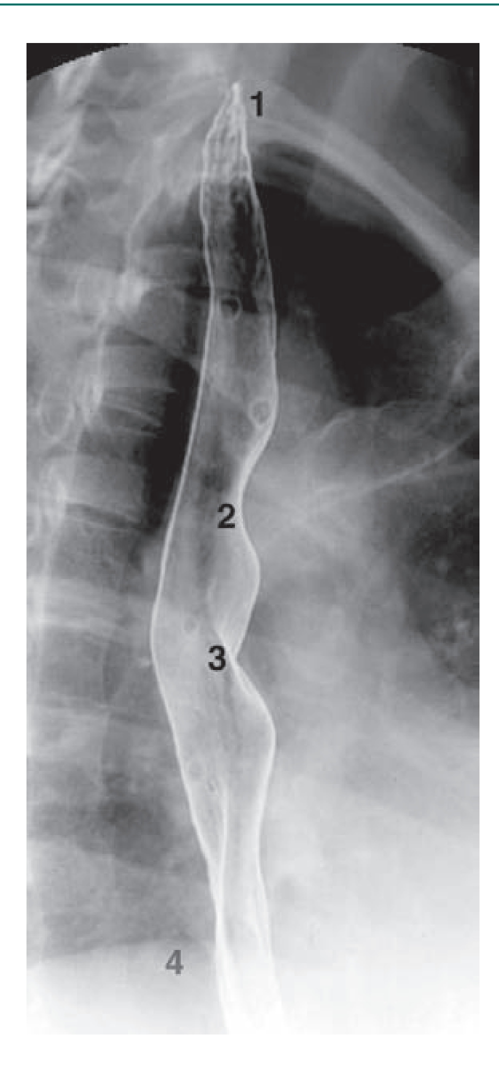


Figura 8-43. Imagen radiográfica del esófago con contraste de bario. Proyección oblicua anterior derecha. 1) Estrechamiento cricoideo. 2) Estrechamiento aórtico. 3) Estrechamiento bronquial. 4) Diafragma.

extiende hasta el cardias y se debe al mecanismo del esfínter esofágico inferior.

> Las curvaturas esofágicas y los estrechamientos son muy visibles cuando se introduce un medio contraste para explorar radiológicamente el esófago; deben tenerse muy presentes para evitar falsas interpretaciones de las imágenes, tales como desviaciones del esófago por masas patológicas adyacentes o constricciones por tumores de la pared esofágica. La proximidad del cayado de la aorta al esófago determina que en la exploración radiológica se aprecie el latido arterial. Además, estas zonas estrechas son lugares donde se pueden detener objetos extraños que se hayan podido deglutir accidentalmente. Los estrechamientos patológicos (**estenosis**) que se pueden producir tienen también mayor incidencia en las zonas estrechas; por ejemplo: tras la ingestión, accidental o por intento de suicidio, de sustancias cáusticas (lejía) se produce inicialmente una necrosis de la mucosa que, si no causa la muerte, acaba formando un tejido cicatrizal que tiende a obliterar la luz.

Relaciones (véase espacio Visceral del cuello, mediastino superior y mediastino posterior)

Estructura

La pared esofágica es gruesa y su estructura obedece al esquema general de organización en capas del tubo digestivo; de dentro afuera se encuentran: la mucosa, la submucosa, la muscular y la fibrosa.

La **mucosa**, rosácea, es más pálida que la de la faringe y el estómago, y está constituida por un epitelio plano estratificado. La zona de transición con la mucosa gástrica es la *línea Z*. Presenta pliegues longitudinales que recorren toda la luz del esófago y la transforman, en reposo, en una hendidura muy estrecha y de aspecto estrellado.

> La **esofagoscopia** es una técnica habitual para detectar alteraciones de la mucosa y localizar tumores. En la luz del esófago se pueden introducir también sondas para medir presiones (**manometría esofágica**) y electrodos para obtener electrocardiogramas. Debe tenerse en cuenta que la pared puede perforarse durante la instrumentación, con posible introducción de aire y microorganismos en el mediastino (**mediastinitis**), lo que tiene consecuencias para la vida.

La **submucosa** es rica en vasos y nervios; contiene las **glándulas esofágicas** que se abren a la luz atravesando la mucosa y producen un moco que lubrifica y protege la pared al tiempo que facilita el tránsito de los alimentos.

La **muscular** está formada por fibras estriadas en su extremo superior, lisas en el inferior y entremezcladas en la parte media. Se organiza en un estrato interno de fibras circulares y otro externo de fibras longitudinales. Las *fibras circulares* continúan las del músculo cricofaríngeo y por abajo se confunden con las fibras circulares y oblicuas del estómago. Las *fibras longitudinales* se originan por dos haces en la placa del cricoides (**tendón cricoesofágico**), los cuales descienden oblicuamente hacia atrás y a poca distancia de su origen se expanden por toda la longitud del esófago.

> Debido a esta disposición de las fibras, en la parte posterior y más alta del esófago no hay fibras longitudinales; ésta es una zona «débil» donde pueden formarse divertículos esofágicos como el denominado **divertículo de Zenker**. En estos casos, la pared se hernia formando un fondo de saco. Los pacientes tienen **disfagia** (molestia al tragar), **regurgitación** del alimento hacia la faringe y, a veces, un aliento pútrido por los detritos acumulados.

En la submucosa se encuentra el plexo nervioso submucoso y en la muscular, el plexo mioentérico.

La capa **adventicia** es un fino manto conectivo que tapiza el órgano. En la porción abdominal está sustituido, en gran parte, por la serosa peritoneal. En la parte terminal del esófago torácico, la capa adventicia está unida al hiato esofágico por un manguito de fibras (*fascia frenoesofágica*), que pierde elasticidad con la edad. En algunos puntos hay tractos conectivos acompañados de fibras musculares lisas que unen la capa fibrosa a la pleura mediastínica (**músculo pleuroesofágico**) o la bifurcación traqueobronquial (**músculo broncoesofágico**).

Esfínteres esofágicos

Aunque anatómicamente no hay dispositivos musculares claramente diferenciados del resto de la musculatura esofágica, es innegable la existencia de dos dispositivos esfinterianos fisiológicos a la entrada y a la salida del esófago: el esfinter esofágico superior y el inferior.

El **esfínter esofágico superior** se encuentra a la entrada del esófago, en la unión del músculo cricofaríngeo con la musculatura esofágica, y tiene 2 ó 3 cm de longitud. La contracción de esta musculatura mantiene fuertemente cerrada la luz esofágica. La contracción de este esfinter evita el paso de aire inspirado; se abre durante la deglución por relajación de la musculatura, y, una vez que el bolo alimenticio se ha introducido (aproximadamente medio segundo), se cierra para evitar el posible reflujo a la faringe (regurgitación).

El **esfínter esofágico inferior o gastroesofágico** puede definirse como un complejo morfofuncional que ocupa las porciones diafragmática y abdominal del esófago, y que mantiene cerrado el extremo inferior del mismo, evitando el reflujo del contenido gástrico. El esfínter se abre al descender la onda peristáltica que propulsa el bolo alimenticio por el esófago. Como sucede en otros esfínteres «fisiológicos», las fibras musculares de la región son sensibles a factores estimulantes e inhibidores diferentes del resto de la musculatura esofágica.

El tono miógeno intrínseco del esfínter está regulado por factores neurógenos y hormonales. Los *neurotransmisores adrenérgicos* α estimulan el esfínter y el vago puede excitar o inhibir el tono esfinteriano. Sustancias como la *gastrina*, la *motilina* o la *sustancia P* estimulan el tono; la *colecistoquinina*, el *glucagón*, la *VIP*, la *secretina* y el *óxido nítrico* relajan el esfínter.

Algunos autores han descrito una disposición especial helicoidal de las fibras musculares a este nivel que contribuiría al mecanismo de cierre.

Los fallos en la zona del esfínter esofágico inferior están relacionados con dos tipos de alteraciones frecuentes del esófago: la acalasia y las hernias hiatales.

La **acalasia** se debe a la falta de relajación del esfínter por alteración del plexo entérico que regula el mecanismo esfinteriano, que dificulta el paso del alimento al estómago. El paciente sufre disfagia y una progresiva dilatación del esófago por encima del estrechamiento, que puede llegar a ser muy amplia (**megaesófago**).

Las **hernias hiatales** se producen porque el esfínter es incompetente para cumplir adecuadamente su función y se pierde la debida relación entre el esófago y el hiato diafragmático. Una de las causas principales es la pérdida de elasticidad de la *fascia frenoesofágica*, hecho que facilita que la presión abdominal provoque una tendencia a la herniación de la parte alta del estómago.

Vascularización

Arterias. El esófago es irrigado por **ramas esofágicas** de distinta procedencia. El esófago cervical recibe ramas esofágicas de la **arteria tiroidea inferior**. El esófago torácico es vascularizado por ramas esofágicas de la **aorta torácica descendente** y de las **arterias bronquiales**. El esófago diafragmático y abdominal recibe ramas de la **gástrica izquierda** y de la **frénica inferior izquierda**. En la pared del esófago las arterias se dividen longitudinalmente en T formando un plexo intramural.

Venas. Los plexos venosos intramurales (submucoso y periesofágico) drenan en diferentes venas. La porción cervical drena en las **venas tiroideas inferiores**. La sangre de la porción torácica es recogida por las **venas del sistema ácigos**. La porción inferior del esófago drena en las venas ácigos y en la **vena gástrica izquierda**. Dado que la gástrica izquierda es tributaria de la vena porta, esta zona del esófago es un lugar de importantes anastomosis porto-cavas (véase Sistema porta).

Los plexos venosos de esta porción inferior forman una especie de «almohadillado» que protege al esfínter.

Linfáticos. La linfa de los plexos intramurales esofágicos es drenada a numerosos grupos ganglionares. La porción cervical drena en los **ganglios cervicales profundos** y **paratraqueales**. La porción torácica drena en los **ganglios mediastínicos posteriore**s y en el conjunto de grupos ganglionares paratraqueales. La porción abdominal drena en los **ganglios gástricos izquierdos**.

Inervación

Los nervios esofágicos proceden del **vago** y de la **cadena simpática laterovertebral**.

Inervación parasimpática. Las fibras preganglionares originadas en el núcleo dorsal del vago alcanzan el esófago mediante el plexo esofágico del vago (excepto la porción cervical a donde llegan por el nervio recurrente) y establecen sinapsis con neuronas posganglionares de los plexos

entéricos. Fibras posganglionares muy cortas inervan la musculatura y las glándulas esofágicas.

> La lesión de los nervios recurrentes afecta a la dinámica del esfínter esofágico superior y a la motilidad del esófago cervical.

Inervación simpática. Las fibras posganglionares del ganglio cervical inferior se incorporan al plexo de la arteria tiroidea inferior para alcanzar el esófago cervical. Las fibras de la cadena torácica alcanzan directamente, o mediante los nervios esplácnicos mayores o los plexos que rodean las arterias gástrica izquierda y frénica izquierda, las porciones torácica y abdominal; inervan los vasos esofágicos.

Las *fibras aferentes sensitivas* viajan con el vago y el simpático, y penetran en los cuatro primeros segmentos de la médula espinal. Se producen reflejos de distensión de la pared por el alimento, que provoca peristaltismo para hacerlo progresar.

MORFODINÁMICA DE LA DEGLUCIÓN

La deglución es el tránsito del alimento desde la boca hasta el estómago, pasando la bucofaringe, la laringofaringe y el esófago. En una determinada fase del proceso interfiere con la respiración, por lo que se deben desarrollar complejos mecanismos que impiden el paso del alimento a la vía respiratoria.

Se distinguen tres fases: bucal, faríngea y esofágica.

La *fase bucal* es voluntaria y está realizada por los movimientos de la lengua. Cuando los receptores linguales y bucales «notan» que el bolo alimenticio está preparado, la lengua se eleva comprimiendo el bolo contra el paladar óseo al tiempo que se desplaza hacia atrás. Este movimiento empuja el bolo alimenticio hacia la faringe y le hace atravesar el istmo de las fauces.

La *fase faríngea* es involuntaria, guiada por mecanismos reflejos. Dura menos de dos segundos y en su transcurso se interrumpe la respiración. En esta etapa, el bolo alimenticio tiene que atravesar la bucofaringe y la laringofaringe para alcanzar el esófago. El mecanismo reflejo se pone en marcha porque el bolo alimenticio estimula receptores sensitivos de la región de los pilares del velo del paladar; entonces, los músculos constrictores de la faringe se contraen sucesivamente provocando un aumento de presión en la laringofaringe que acelera el tránsito hacia el esófago; al mismo tiempo, la faringe se eleva y acorta «en busca del alimento» por contracción de los músculos elevadores (estilofaríngeo, palatofaríngeo y salpingofaríngeo). La contracción de los músculos palatofaríngeos origina, además, la aproximación de los pilares posteriores a la línea media con formación de una hendidura sagital que impide el paso de los alimentos grandes.

Al mismo tiempo que esto sucede se ponen en marcha una cascada de mecanismos para impedir: *a*) que el alimento retorne a la boca, *b*) que pase a las fosas nasales y *c*) que penetre en la laringe bloqueando la vía respiratoria y provocando la asfixia.

a) El retorno a la boca se bloquea porque el istmo de las fauces se cierra a modo de cortinillas por contracción de los músculos palatoglosos.

b) El paso del alimento a las fosas nasales es impedido porque la comunicación con la nasofaringe se cierra. Tres mecanismos lo hacen posible: la elevación del velo del paladar, el estrechamiento del istmo nasofaríngeo por la mencionada contracción de los palatofaríngeos y, finalmente, la contracción del constrictor superior que determina la formación de un rodete en la parte posterior de la faringe ayudando a completar el cierre.

> La risa relaja este complejo muscular y permite el paso del alimento a las fosas nasales.

c) La penetración del bolo alimenticio en la laringe se evita por el ascenso de la laringe y el cierre del vestíbulo laríngeo. El mecanismo fundamental es la elevación de la laringe; ésta ocurre porque el hueso hioides asciende por la contracción de los músculos del diafragma bucal (músculos suprahioideos), los cuales toman punto fijo en la mandíbula (por eso es imposible deglutir con la boca abierta, puesto que la mandíbula debe estar en posición de cierre). Al ascender el hioides, el bloque laríngeo es arrastrado y «se oculta» bajo la base de la lengua, lo que provoca complementariamente que la epiglotis se vea empujada hacia atrás como una tapadera que ocluye la entrada a la laringe. Al tiempo, los pliegues aritenoepiglóticos se aproximan a la línea media cerrando activamente el vestíbulo laríngeo.

> Las extirpaciones de la epiglotis por tumores laríngeos no interfieren es la deglución, poniendo de relieve que su papel es secundario para evitar el paso de alimento a la vía respiraroria.

Los líquidos y la saliva deglutida descienden por los senos piriformes.

La *fase esofágica* comienza cuando la contracción de la pared faríngea termina y se relaja el esfinter esofágico superior, pasando el bolo alimenticio al interior del esófago. El bolo desciende ayudado por ondas peristálticas que se propagan por su pared. Finalmente, el esfinter esofágico inferior se relaja y el alimento pasa al estómago. Si el bolo alimenticio es grueso, la pared esofágica se distiende en algunas zonas y excita los plexos entéricos provocando reflejos locales o vagales que originan nuevas ondas peristálticas para hacer avanzar el contenido.

CAVIDAD ABDOMINOPÉLVICA

El estudio de los órganos digestivos infradiafragmáticos requiere algunas consideraciones previas sobre la organización general del abdomen y la membrana peritoneal.

Se denomina **cavidad abdominopélvica** (Fig. 8-44) a la parte inferior y más extensa del tronco comprendida entre dos dispositivos musculares de cierre parcial: el músculo diafragma por arriba y el diafragma pélvico por abajo. El músculo diafragma establece el límite con la cavidad torácica, y el diafragma pélvico con el periné. Contiene órganos digestivos y genitourinarios.

Un plano artificial que pase por el estrecho superior de la pelvis divide la cavidad abdominopélvica en dos compartimentos ampliamente comunicados: la **cavidad abdominal** por arriba y la **cavidad pélvica** por abajo. De este modo, se incluye en la cavidad abdominal lo que hemos denominado pelvis mayor, y la cavidad pélvica coincide con la pelvis menor o verdadera.

La cavidad abdominopélvica o abdomen (vulgarmente «vientre») en un sentido amplio está limitada hacia atrás por la pared abdominal posterior, centrada sobre el eje de la columna lumbar y, hacia delante y a los lados, por los músculos rectos y anchos del abdomen. Debido a la lordosis de la columna lumbar, el abdomen tiene, en secciones transversales, un aspecto arriñonado. Los límites reales superior e inferior del abdomen no coinciden con los límites aparentes de la superficie. Externamente, el abdomen está comprendido entre el reborde del tórax por arriba y las crestas ilíacas y los pliegues inguinales por abajo. Sin embargo, en el interior, la forma en cúpula del diafragma determina que el abdomen avance por arriba en el interior del tórax óseo; de este modo, parte del abdomen está protegido por el tórax y es, en realidad, abdominotorácico. El bazo, el hígado y gran parte del estómago, como veremos, son vísceras toracoabdominales. Algo similar sucede por abajo, pues al establecer como límite el estrecho superior de la pelvis, la parte inferior de la cavidad abdominal incluye la pelvis mayor y queda encerrada lateralmente por las fosas ilíacas.

La pelvis está limitada por abajo por el diafragma pélvico que la separa del periné y por arriba se continúa abiertamente con el abdomen a nivel del estrecho superior de la pelvis. Lateralmente está cerrada por el marco óseo isquiopubiano y la musculatura que en ella se inserta.

REGIONES DEL ABDOMEN

En la práctica clínica resulta útil dividir el abdomen en una serie de regiones convencionales sobre las que se proyectan las vísceras y sobre las que, en consecuencia, se pue-

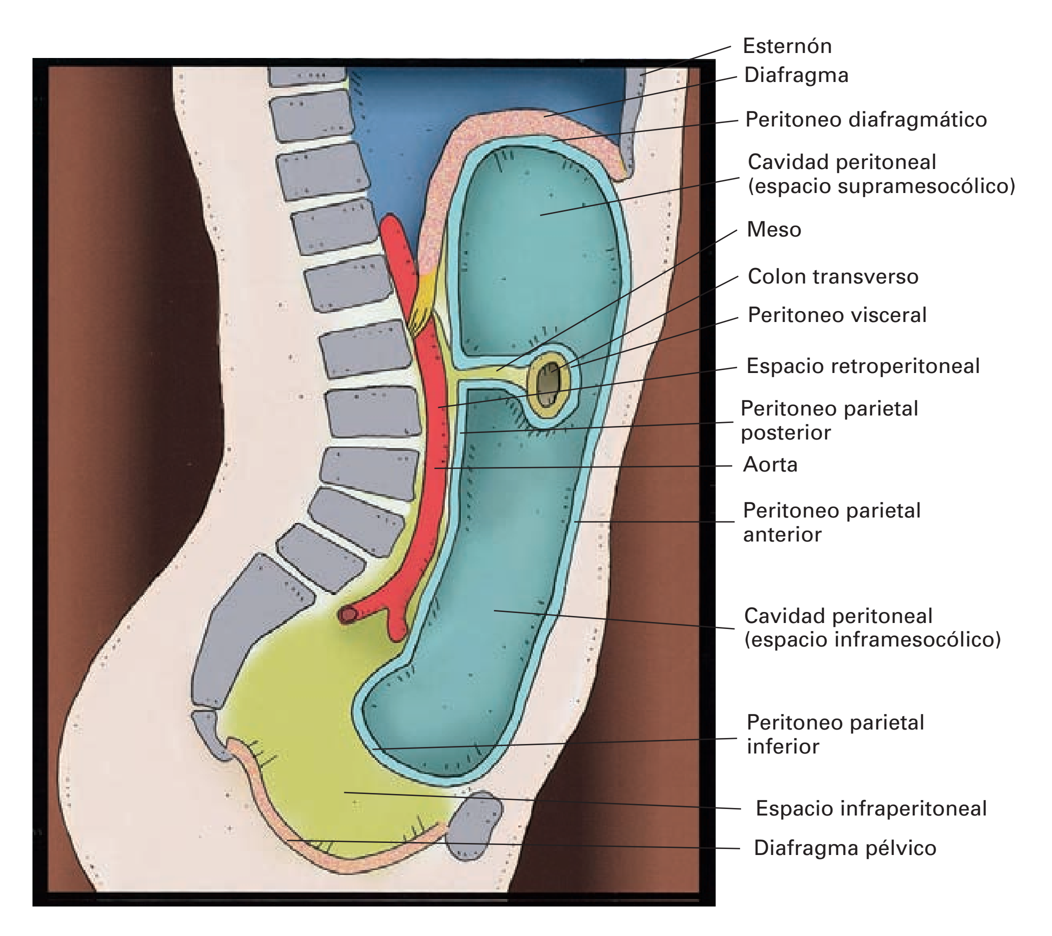


Figura 8-44. Sección sagital esquemática de la cavidad abdominopélvica para mostrar la disposición general del peritoneo. La cavidad peritoneal se muestra artificialmente tras vaciar su contenido visceral con excepción del colon transverso.

de localizar un dolor abdominal de un órgano concreto o señalar la trayectoria de una incisión quirúrgica para acceder a un territorio determinado (Fig. 8-45). Es importante recordar estos espacios pues haremos numerosas referencias a ellos tanto al estudiar los órganos como en la parte topográfica.

Dos planos horizontales y dos verticales dividen el abdomen en nueve regiones.

El plano horizontal superior (*plano subcostal*) pasa por los puntos más declives del reborde costal inferior. El plano horizontal inferior (*plano transtuberoso o suprailíaco*) cruza los puntos más elevados de las crestas ilíacas; corresponde por detrás a la 5.ª vértebra lumbar. Los planos verticales son parasagitales y siguen la línea medioclavicular o medioinguinal (el punto medio de la ingle equidista entre la espina ilíaca anterosuperior y la sínfisis del pubis).

Por encima del plano subcostal se forma un espacio medio, el **epigastrio**, y dos laterales, los **hipocondrios derecho e izquierdo**.

Entre el plano subcostal y el transtuberoso se dispone en el centro la **región umbilical** y a los lados los **vacíos derecho e izquierdo** (los vacíos se denominan también **regiones lumbares o laterales**)

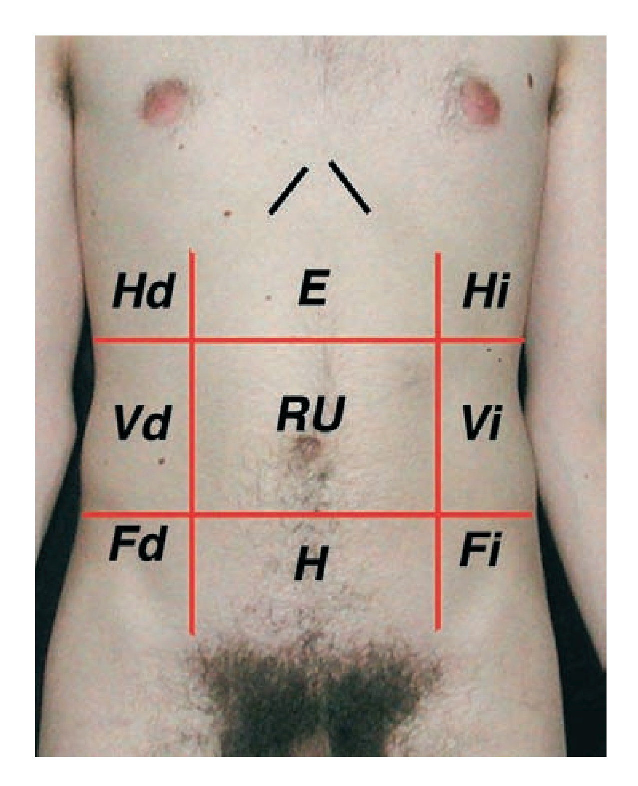


Figura 8-45. Regiones del abdomen sobre las que se proyectan las vísceras. Las líneas verticales son medioinguinales; la línea horizontal superior pasa por el plano subcostal; la línea horizontal inferior pasa por el plano suprailíaco. Hd: hipocondrio derecho; Hi: hipocondrio izquierdo; E: epigastrio; Vd: vacío derecho; Vi: vacío izquierdo; Ru: región umbilical; Fd: fosa ilíaca derecha; Fi: fosa ilíaca izquierda; H: hipogastrio.

Por debajo del plano transtuberoso se forma, en el centro, el **hipogastrio**, y, a cada lado, las **fosas ilíacas derecha e izquierda** (las fosas ilíacas se denominan también **regiones inguinales**).

Con mucha frecuencia se utiliza otro plano horizontal, el *plano transpilórico*, sobre el que se proyectan zonas viscerales importantes como, por ejemplo, el píloro (unión del estómago con el duodeno), que da nombre al plano en cuestión. El plano transpilórico se sitúa a medio camino entre el ombligo y la apófisis xifoides.

Otras divisiones del abdomen

En realidad, las divisiones descritas anteriormente son confusas e imprecisas, por lo que, en la práctica clínica, es frecuente y útil dividir el abdomen en cuatro cuadrantes mediante una vertical y otra horizontal (línea transumbilical) que se cruzan en el ombligo. Los **cuadrante**s que se establecen son **superior derecho, superior izquierdo, inferior derecho e inferior izquierdo.**

PERITONEO

El peritoneo[14] es una fina membrana serosa, muy extensa y continua, que tapiza las paredes de la cavidad abdominopélvica y envuelve, de forma completa o parcial, las vísceras. Contribuye a sostener los órganos contenidos en el abdomen y a separarlos entre sí; es además, una superficie de reabsorción de líquidos, desempeña una función inmunitaria importante y algunas de sus partes son una reserva de grasa.

> El peritoneo tiene una importancia excepcional en medicina. Su inflamación se denomina **peritonitis**, cuadro clínico al que se llega por múltiples causas, en muchas ocasiones por la mala evolución de una lesión primaria de una víscera digestiva (p. ej., una apendicitis) y en otras por heridas penetrantes en el abdomen. La peritonitis puede ser generalizada o parcial. Hasta el último tercio del siglo XIX no comienza a abrirse por los cirujanos la cavidad abdominal, pues hacerlo significaba inexorablemente la muerte del paciente. Aún hoy, pese a los enormes avances de la cirugía y el uso de antibióticos, sigue siendo una situación de riesgo vital.

Estructura

Al igual que otras serosas del organismo (pleura o pericardio), el peritoneo está formado por una capa epitelial aplanada (**mesotelio**) que se apoya sobre un fino estrato

[14] Del griego *peritonaion* = alrededor del intestino, de periteinein=extenderse alrededor.

de tejido conjuntivo laxo. Este tejido conjuntivo es muy rico en vasos y nervios y, además de los elementos propios del tejido conjuntivo, contiene macrófagos, linfocitos, células cebadas y células adiposas. En la membrana existen células madre mesodérmicas que son capaces de regenerar rápidamente el mesotelio cuando éste se ha roto a consecuencia de una herida o de la manipulación quirúrgica.

Disposición

El peritoneo está formado por dos hojas: el **peritoneo parietal**, que tapiza las paredes del abdomen, y el **peritoneo visceral**, que reviste las vísceras intraperitoneales constituyendo su cubierta externa o capa serosa (Figs. 8-44; 8-47 y 8-48).

Entre ambas hojas peritoneales queda la **cavidad peritoneal**, la cual está reducida a un espacio virtual debido a la protrusión que en ella hacen los órganos. La cavidad está completamente cerrada, excepto en la mujer, a nivel del orificio del pabellón de la trompa uterina, detalle de suma importancia que permite la comunicación de la cavidad con el interior del aparato genital. Contiene una fina película de **líquido peritoneal**. Este líquido tiene la función de lubrificar la superficie de los órganos, evitando el rozamiento y facilitando sus movimientos.

El líquido peritoneal está compuesto por agua, electrólitos, proteínas, algunas macromoléculas y también algunos tipos celulares de los que se encuentran en la membrana. El líquido es secretado en la serosa por un filtrado procedente del líquido intersticial y de los vasos sanguíneos. La reabsorción se realiza en sentido inverso hacia los vasos sanguíneos: el peritoneo que tapiza el diafragma es una zona con mayor capacidad de reabsorción, especialmente hacia los linfáticos torácicos; ello se debe probablemente a diversos farctores, como los movimientos respiratorios del diafragma y un efecto de «ascenso» del líquido peritoneal facilitado por la presión abdominal y la presión negativa intratorácica. De este modo, el peritoneo ejerce una función de **membrana biológica** en la que el movimiento es bidireccional entre la cavidad peritoneal y el plasma; las grandes cantidades de secreción y de absorción están, en situación normal, equilibradas.

El papel de membrana biológica es de enorme interés para realizar la **diálisis peritoneal**, procedimiento que se emplea en el tratamiento de enfermedades graves que provocan fracaso renal. El peritoneo se utiliza como una membrana de filtrado a través de la cual se eliminan toxinas de la sangre. Se introduce un catéter en la cavidad peritoneal mediante un pequeño orificio practicado algo por debajo y a un lado del ombligo. Por esta vía penetra el líquido de diálisis. El exceso de agua y las toxinas pasan a través de la membrana peritoneal desde la sangre al líquido de diálisis que se encuentra en la cavidad. Al cabo de un tiempo, el líquido usado se drena por el catéter. La diálisis peritoneal no requiere el ingreso del paciente, ya que puede hacerla él mismo en su domicilio; cuando no se realiza la diálisis, él extremo del catéter que sobresale del abdomen se oculta bajo la ropa.

El volumen de líquido peritoneal puede aumentar (**ascitis**) por exceso de trasudado; ésta es una situación que indica una grave lesión hepática (p. ej., cirrosis) o bloqueo del sistema venoso porta.

En la cavidad peritoneal puede entrar aire (**neumoperitoneo**) a consecuencia de una herida o porque se perfora una víscera digestiva (p. ej., perforación de estómago subsiguiente a una úlcera gástrica). En estos casos, el aire se dispone bajo el diafragma y se observa bien en las radiografías de abdomen.

Podemos aproximarnos, inicialmente, a una comprensión general del peritoneo imaginando que la cavidad abdominopélvica es una caja dentro de la cual introducimos un globo (Fig. 8-46). Para entenderlo mejor, imaginemos primero que el globo está hinchado. En estas condiciones, el interior del globo es la cavidad peritoneal (que aparece como un espacio real) y su superficie se adapta a las paredes abdominopélvicas. Según la pared con la que se relaciona, el peritoneo parietal se divide en peritoneo anterior, superior, posterior e inferior. El **peritoneo parietal anterior** tapiza la superficie profunda de las pared abdominal anterolateral inmediatamente por detrás de la fascia transversal. El **peritoneo parietal superior** tapiza la cara inferior del diafragma excepto una zona alargada en sentido transversal situada por detrás del hígado. Sin embargo, las porciones posterior e inferior del peritoneo parietal se encuentran separadas de sus respectivas paredes abdominopélvicas. Entre el **peritoneo parietal posterior** y la pared posterior del abdomen se forma el **espacio retroperitoneal**, ocupado por los órganos retroperitoneales; debajo del **peritoneo parietal inferior**, entre éste y el diafragma pélvico, se forma el **espacio infraperitoneal** ocupado por las vísceras pélvicas. Imaginemos a continuación que el globo se «desincha», de modo que un puño pudiese propulsar desde atrás la cubierta del globo; en esta situación, el puño (una víscera) reduce la luz del globo al tiempo que se reviste con su delgada membrana elástica que siempre estará en continuidad con el resto del globo. Si en vez de un solo puño imaginamos ahora varios propulsando hacia el interior en diferentes direcciones del espacio, conseguiríamos que la cavidad del globo se redujera hasta convertirse en una cavidad virtual. El espacio que ocupan estas vísceras es el **espacio intraperitoneal o cavidad abdominal** propiamente dicha.

Así las cosas, la parte de la membrana del globo que reviste cada puño es el peritoneo visceral y la parte de membrana que lo conecta con el resto de la cubierta del globo para mantener la continuidad de la hoja forma un tipo de pliegues peritoneales.

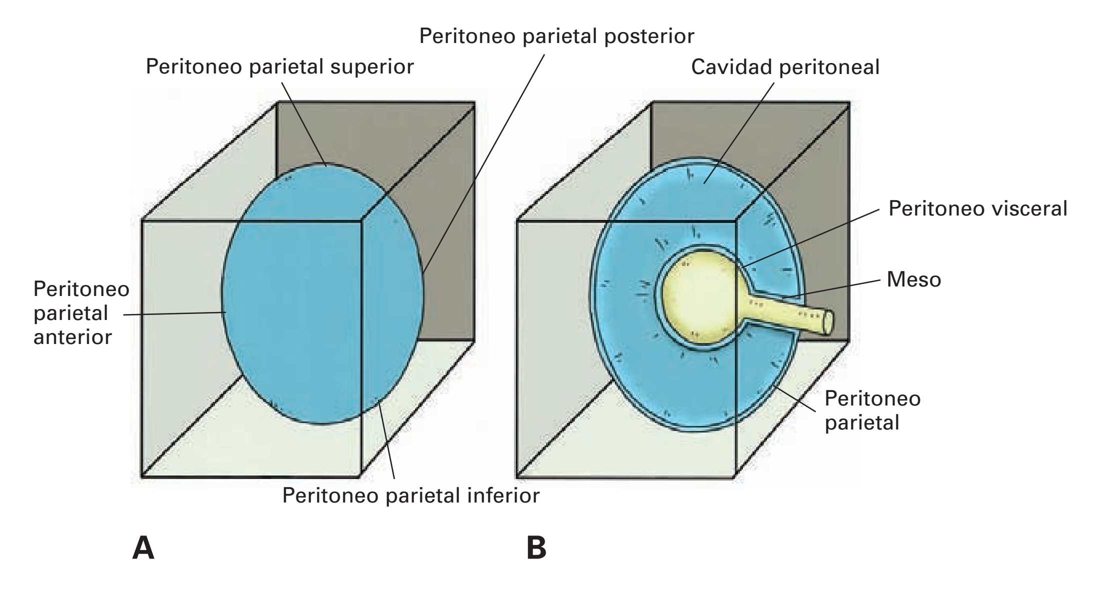


Figura 8-46. Representación idealizada de las cavidades abdominopélvica (cubo) y peritoneal (globo azul). En A se observa la relación de la superficie del globo (peritoneo parietal) con las paredes de la cavidad abdominopélvica. En la figura B se representa una teórica víscera de la cavidad peritoneal con la forma de una maza con mango, la cual comprime el globo de la figura A, que se ha desinflado un poco. Si se secciona el globo, se observa que la porción que reviste la maza es el peritoneo visceral; la que reviste el mango es un meso de unión con el peritoneo parietal que forma la pared del globo; entre ambas cubiertas se forma la cavidad peritoneal. Como en la realidad el «globo peritoneal» es empujado por numerosas vísceras, la cavidad peritoneal se transforma en un espacio prácticamente virtual. (Más explicación en el texto.)

Pliegues peritoneales

Los pliegues peritoneales (Figs. 8-47 y 8-48) hacen del peritoneo una membrana muy compleja, a diferencia de otras serosas como el pericardio o la pleura. Los pliegues son hojas dobles debido a la necesaria continuidad de la serosa peritoneal. Hay pliegues que unen el peritoneo parietal con el visceral de un órgano y otros unen entre sí el peritoneo de vísceras próximas. Se distinguen tres tipos de pliegues peritoneales: mesos, omentos (epiplones) y ligamentos.

Los **mesos** son pliegues de peritoneo que unen el peritoneo parietal posterior con el peritoneo visceral que rodea una víscera digestiva hueca. Los mesos peritoneales son el mesenterio, el mesocolon transverso, el mesocolon sigmoide y el mesoapéndice. Están formados por la aposición de dos hojas entre las cuales hay tejido conectivo por el que discurren los vasos y nervios de los órganos. La línea de continuidad de las hojas del meso con el peritoneo parietal posterior se denomina raíz o zona de inserción (nombre este último inadecuado pues las hojas no se insertan sino que se reflexionan para continuarse con el peritoneo parietal); la raíz es la puerta de entrada y salida de los vasos sanguíneos y tiene gran interés para el cirujano, pues es el lugar donde debe proceder a ligar los vasos sanguíneos cuando realiza resecciones intestinales.

Los **omentos** (*epiplones*) son pliegues que unen entre sí el peritoneo visceral del estómago con el peritoneo visceral de una víscera próxima (en el adulto); contienen vasos y nervios. Se distinguen el **omento mayor** (*epiplón mayor*) y el **omento menor** (*epiplón menor*).

Los **ligamentos** constituyen el resto de los pliegues peritoneales que no se denominan mesos u omentos. Unen el peritoneo de una víscera con el peritoneo de otra víscera o con el peritoneo parietal. Tienen una función de sostén y pueden transportar vasos sanguíneos, aunque algunos no lo hacen. Los ligamentos que unen vísceras con el peritoneo parietal son el **ligamento falciforme**, el **ligamento coronario**, el **ligamento renoesplénico**, el **ligamento gastrofrénico** y los **ligamentos del útero** y **de la vejiga**. Entre los ligamentos que unen dos vísceras está el **ligamento gastroesplénico**.

Recesos peritoneales

En algunas zonas, el peritoneo se invagina para formar pequeños fondos de saco o recesos de la cavidad peritoneal. Son espacios ciegos cuya boca de entrada está limitada por pequeños pliegues de bordes más o menos agudos.

> Es importante conocerlos, pues pueden ser lugares donde se introduzcan porciones de intestino (**hernias internas**), las cuales pueden estrangularse y originar una obstrucción intestinal. En estos casos, el cirujano debe liberar la zona obstruida y tener presente que el pliegue circundante puede estar vascularizado.

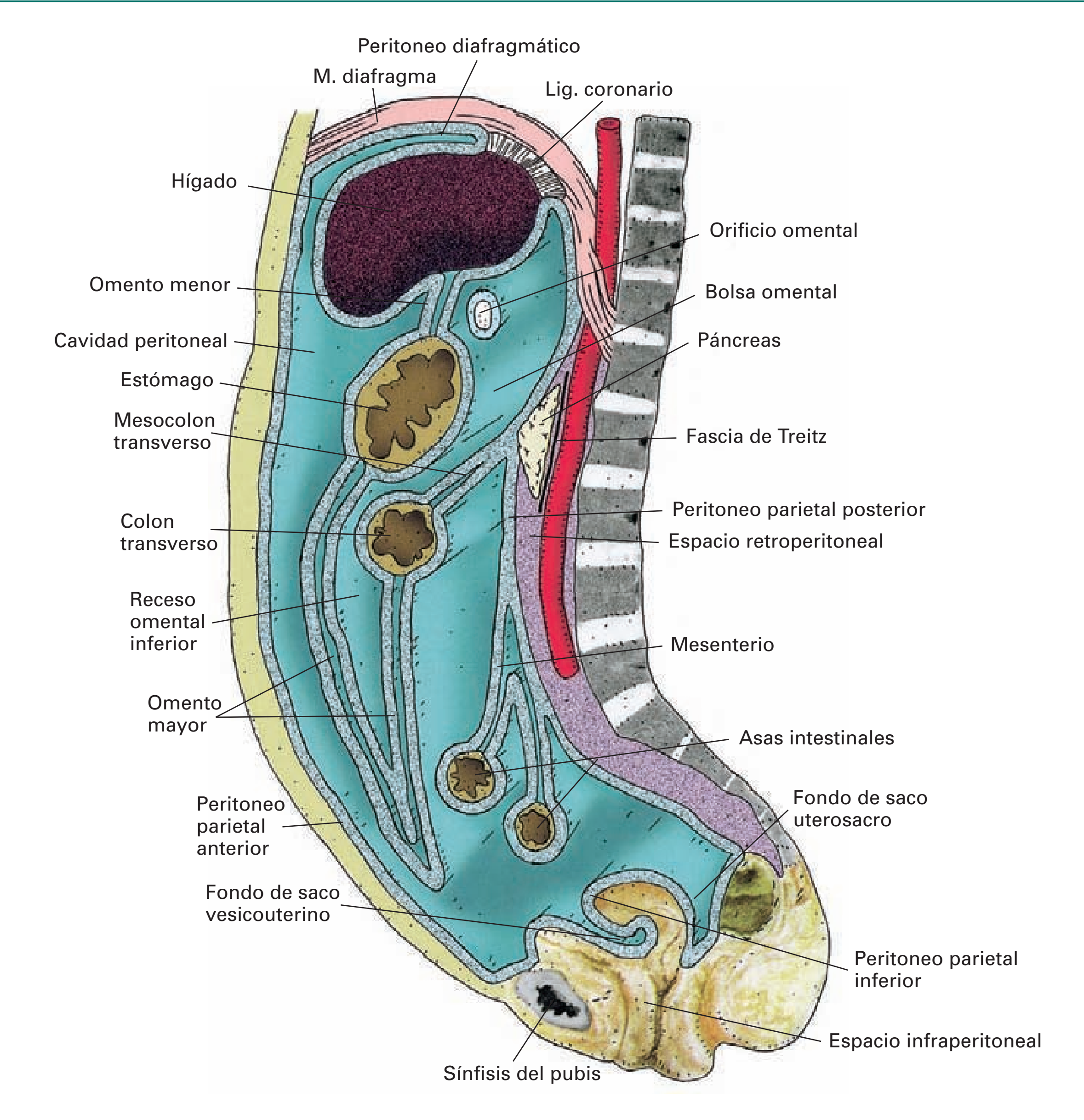


Figura 8-47. Representación esquemática de una sección sagital de la cavidad peritoneal para mostrar los distintos compartimentos y la disposición general del peritoneo. En el omento mayor se ha conservado la disposición embrionaria de las hojas uniendo el peritoneo del estómago con el del colon transverso.

Inervación

El peritoneo parietal y el visceral tienen una inervación distinta, así como una sensibilidad diferente. Su conocimiento es de gran relevancia para el diagnóstico correcto de las infecciones abdominales y su localización.

El *peritoneo visceral* está menos inervado que el parietal. Recibe ramas de las **fibras vegetativas que inervan los órganos respectivos**. Con las fibras vegetativas viajan **fibras aferentes** de la sensibilidad dolorosa.

Estas fibras no son sensibles al corte, ni al frío ni al calor; sin embargo son muy sensibles a la distensión, la tracción mecánica o la falta de riego sanguineo (isquemia). La irritación del peritoneo visceral suele producir un dolor difuso.

El *peritoneo parietal* está inervado por fibras procedentes de las **ramas cutáneas y motoras de los nervios intercostales y lumbares (nervios somáticos de las paredes del abdomen)**. Contiene **fibras aferentes** extraordinariamente sensibles al dolor.

El tacto, los cambios térmicos y la irritación química causan un intenso dolor. Éste es inicialmente más localizado que el visceral y provoca la contracción refleja de los músculos de ese nivel dando lugar a los

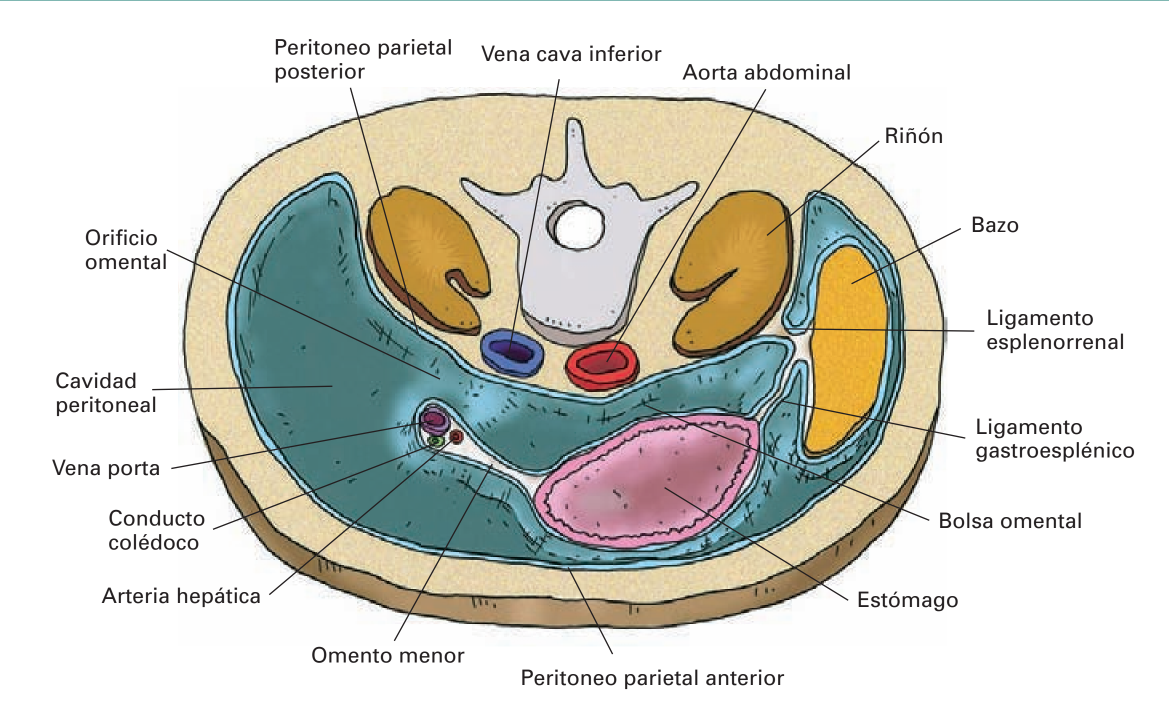


Figura 8-48. Corte transversal esquemático de la cavidad abdominal a nivel del estómago, el bazo y el pedículo hepático. para mostrar la continuidad de la cavidad peritoneal con la bolsa omental.

denominados «signos peritoneales»; la rigidez del abdomen, conocida en clínica como «vientre en tabla», es un signo de peritonitis.

El peritoneo diafragmático está inervado en la periferia por los seis últimos nervios **intercostales** y los nervios **subcostales**, y, en el centro, por el nervio **frénico**. Este último territorio explica el posible dolor referido al hombro que se observa en ocasiones y que obedece a la irradiación del dolor por ramas cutáneas del plexo cervical que salen de las ramas de origen del nervio frénico (C3 a C5).

CONTENIDO Y ORGANIZACIÓN GENERAL DE LOS ESPACIOS ABDOMINOPÉLVICOS

Una descripción detallada de los espacios peritoneales y el comportamiento de los pliegues del peritoneo se hace con el estudio de la topografía abdominopélvica; sin embargo, para poder realizar un seguimiento adecuado de las vísceras y vasos que ocupan la cavidad abdominopélvica es necesario establecer algunas consideraciones generales sobre su organización.

El peritoneo establece tres grandes espacios en la cavidad abdominopélvica: **retroperitoneo, infraperitoneo e intraperitoneo**. Tres secciones de la cavidad, dos sagitales y una transversal, nos ayudarán a comprender estos espacios (Figs. 8-44; 8-47 y 8-48).

Espacio retroperitoneal

El **retroperitoneo** se dispone en la parte posterior del abdomen entre el peritoneo parietal posterior y la pared abdominal posterior. Contiene los órganos retroperitoneales, que pueden ser **primarios** o **secundario**s. Los órganos primarios son los que desde su primera disposición en el embrión siempre ocuparon una posición retroperitoneal. Los órganos secundarios son aquellos que inicialmente eran intraperitoneales y estaban unidos al peritoneo parietal posterior por un meso embrionario, pero en el curso del desarrollo se hicieron retroperitoneales. (Recomendamos al lector que repase en un texto de Embriología el desarrollo de la cavidad celómica y de las vísceras digestivas para comprender mejor estos espacios y el peritoneo en general.) Por razones prácticas, comentaremos aquí brevemente esta evolución. La secuencia del cambio se observa en el esquema de la Figura 8-49. Un órgano (p. ej., el colon ascendente) está inicialmente cubierto por peritoneo en su totalidad y unido por un meso embrionario a la pared peritoneal; el órgano gira de modo que el peritoneo visceral se acaba fusionando con el peritoneo parietal posterior, el meso desaparece y el órgano queda cubierto únicamente por peritoneo en su superficie anterior. Como resultado de la fusión (reabsorción) peritoneal se forma una lámina conectiva, **fascia de coalescencia**, por detrás del órgano en cuestión. De este modo, los órganos secundarios tienen por delante el peritoneo parietal y por detrás la fascia de coalescencia que los separa del retroperitoneo primario.

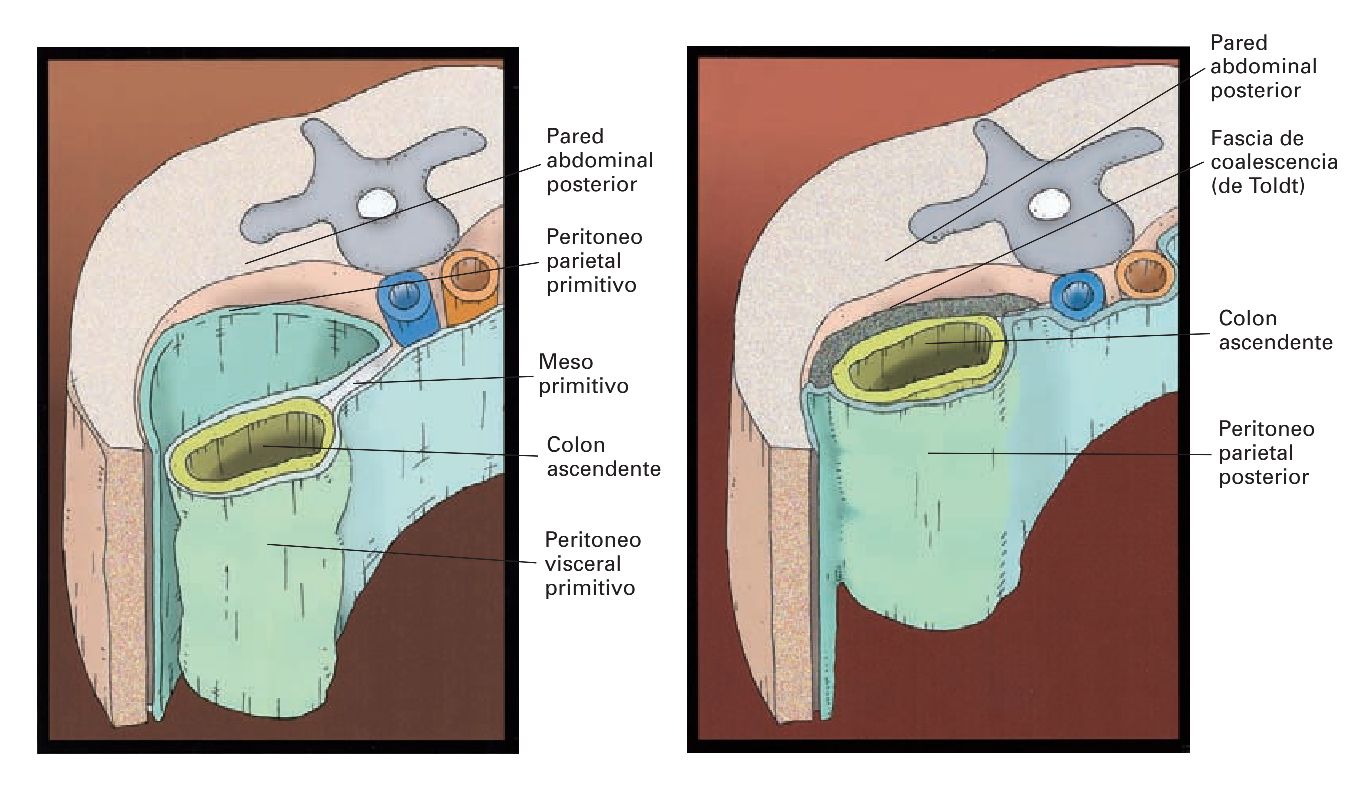


Figura 8-49. Esquema para mostrar la formación de una fascia de coalescencia. A) Algunos órganos del espacio retroperitoneal (como el colon ascendente) están recubiertos de peritoneo (intraperitoneales) desde fases tempranas del desarrollo, y unidos al peritoneo parietal posterior por un meso. B) Al progresar el desarrollo, el colon y su meso se desplazan hacia la derecha y hacia atrás (como una puerta que gira), produciéndose la fusión del peritoneo visceral y el meso con el peritoneo parietal. La zona de soldadura permanece como una lámina de tejido conectivo (fascia de Toldt) entre la víscera y la pared abdominal, y el órgano se recubre de peritoneo parietal únicamente por delante, transformándose en retroperitoneal.

Los *órganos retroperitoneales primarios* son las **grandes vías sanguíneas axiales (aorta abdominal y vena cava inferior), los órganos urinarios (riñones y uréteres) y las glándulas suprarrenales.** Los *órganos secundarios* pertenecen al aparato digestivo: **duodeno (excepto la parte inicial de la primera porción), páncreas, colon ascendente y colon descendente**.

Espacio infraperitoneal

El **infraperitoneo** es el espacio comprendido entre el peritoneo parietal inferior por arriba y el diafragma pélvico por abajo. Su contenido son las vísceras pélvicas que ocupan la pelvis menor y se disponen en tres *compartimentos*: *posterior o digestivo*, *medio o genital* y *anterior o urinario*. En el compartimento posterior se encuentra el **recto**, en el anterior la **vejiga** y la **uretra**, y en el medio los órganos genitales (**útero**, **vagina** y **trompas** en la mujer, y **vesículas seminales**, terminación de los **deferentes**, en el hombre. Estos órganos provocan que el peritoneo parietal inferior se levante en unas zonas y se hunda en otras formando importantes fondos de saco peritoneales (véase más adelante).

Espacio intraperitoneal

El **intraperitoneo** es la gran cavidad circundada por el peritoneo parietal; es el abdomen propiamente dicho, en términos médicos.

Por arriba, el peritoneo tapiza la cara inferior del diafragma (**peritoneo diafragmático**) excepto en las zonas en las que éste se reflexiona hacia el hígado para formar el **ligamento coronario** o hacia el esófago abdominal y el estómago (**ligamento gastrofrénico**).

Por delante, el **peritoneo parietal anterior** tapiza la superficie profunda de la pared abdominal anterolateral. Una lámina conectiva, la **fascia transversal**, y una cantidad variable de tejido laxo con grasa (*tejido adiposo extraperitoneal*) separan el peritoneo de los músculos abdominales. En la parte media se observa el hoyuelo del ombligo. Por encima del ombligo existe un pliegue peritoneal de disposición casi vertical, el **ligamento falciforme del hígado** (*ligamento suspensorio*), que une el peritoneo parietal con el visceral que cubre el hígado. Por debajo del ombligo, el peritoneo forma cinco pliegues longitudinales levantados por estructuras subyacentes que se interponen entre él y la pared abdominal (véase Fig. 5-70). En el centro, el **pliegue umbilical medio** contiene el cordón fibro-

so del uraco[15] y se dirige desde el vértice de la vejiga al ombligo. A cada lado, el **pliegue umbilical medial** está levantado por la arteria umbilical atrofiada y, más externamente, el **pliegue umbilical lateral** está levantado por la arteria epigástrica inferior. Estos pliegues delimitan tres fositas peritoneales a la altura de la región inguinal: la **fosa supravesical** (*fosita inguinal interna*), comprendida entre los pliegues medio y medial; la **fosa inguinal medial** (*fosa inguinal media*) entre los pliegues medial y lateral, y que corresponde en superficie al anillo inguinal superficial; finalmente, la **fosa inguinal lateral** (*fosita inguinal externa*), situada por fuera del pliegue lateral y que corresponde al anillo inguinal profundo.

> Las fosas tienen gran importancia por ser el lugar de aparición y de salida de las denominadas hernias inguinales.

Hacia abajo, el peritoneo parietal anterior se continúa con el **peritoneo parietal inferior (peritoneo pélvico)**. Tapiza a los lados las paredes de la pelvis y el diafragma pélvico, pero en el centro es levantado por las vísceras pélvicas. Las diferencias sexuales determinan una diferente disposición del peritoneo. En el varón, entre el recto y la vejiga de la orina, el peritoneo se hunde formando el **fondo de saco rectovesical** (*fondo de saco de Douglas*)[16]. En la mujer, la prominencia del útero establece dos fondos de saco: entre el recto y el útero, el **fondo de saco uterosacro** (*fondo de saco de Douglas femenino*), y, entre el útero y la vejiga, el **fondo de saco vesicouterino**, menos profundo que el primero. A los lados del útero, las trompas uterinas levantan el peritoneo para formar los **ligamentos anchos**.

Por detrás, el **peritoneo parietal posterior** cierra la cavidad peritoneal, y se extiende verticalmente entre los peritoneos diafragmático e inferior por delante de los órganos retroperitoneales. Esta parte del peritoneo es muy compleja, pues de ella parten extensos pliegues como el **mesenterio**, el **mesocolon transverso** y el **mesocolon sigmoide**.

La cavidad intraperitoneal contiene gran parte de los órganos digestivos infradiafragmáticos, los cuales se organizan en dos grandes compartimentos.

Compartimentos intraperitoneales

Si observamos la sección sagital del abdomen, vemos cómo el colon transverso está unido al peritoneo parietal posterior por un pliegue más o menos horizontal, el **mesocolon transverso**. Este meso y el colon que tapiza forman un tabique que subdivide el espacio intraperitoneal en un compartimento **supramesocólico** y otro **inframesocólico**.

El **compartimento supramesocólico** contiene el **hígado, el esófago abdominal, el estómago, la parte inicial de la primera porción del duodeno, el bazo, y los pliegues peritoneales como los omentos mayor y menor y los ligamentos coronario, suspensorio, gastroesplénico, gastrofrénico y esplenorrenal.**

El **omento menor** une el peritoneo visceral del hígado con el del estómago.

El **omento mayor** une el peritoneo visceral del estómago con el del colon transverso; a pesar de la íntima proximidad de estos órganos, el pliegue tiene un extenso trayecto. Desciende del estómago hasta la sínfisis del pubis para luego ascender hasta el colon transverso. Ocupa, en realidad, el espacio inframesocólico. Aparece como un delantal formado por cuatro hojas, dos descendentes y dos ascendentes, entre las cuales queda una cavidad denominada divertículo inferior de la bolsa omental; en el curso del desarrollo las hojas se fusionan y la cavidad se ocluye y aisla de la bolsa omental. El omento mayor, a medida que crece la persona, se alarga y engruesa por depósito de grasa; es muy voluminoso en los obesos.

> En caso de inflamación de algún órgano se desplaza tratando de envolver los órganos afectados en una especie de efecto de protección y de aislamiento de la infección (se le ha llamado «el policía del abdomen»); no tiene motilidad propia, sino que se desplaza como consecuencia del peristaltismo intestinal y los movimientos del diafragma.

El omento mayor se continúa hacia la izquierda con el **ligamento gastroesplénico**, que se extiende entre el estómago y el bazo. Del peritoneo visceral del bazo parte hacia atrás el **ligamento esplenorrenal**, que se continúa por delante del riñón con el peritoneo parietal posterior.

En el espacio supramesocólico se encuentra un amplio e importante divertículo de la cavidad peritoneal (Fig. 8-47 y 8-48): la **bolsa omental** (*transcavidad de los epiplones*). La bolsa omental se dispone entre el peritoneo parietal posterior por detrás y el estómago y el epiplón menor por delante; a ella se accede por el **orificio omental** (*hiato de Winslow*)[17], situado bajo el hígado por detrás del borde libre del omento menor. La bolsa omental es el resultado de complejos desplazamientos viscerales que suceden durante el desarrollo embrionario a consecuencia de los cuales la primitiva cavidad celómica derecha se desplaza por detrás del estómago.

El **espacio inframesocólico** contiene las **asas intestinales** enmarcadas por el **colon**; el colon ascendente y el descendente no pertenecen a este espacio, pues ya hemos dicho que son retroperitoneales secundarios. El intestino

[15] Uraco, resto embriológico de la alantoides; del griego *urakhos* (*uron* = orina, *ekho* = sostener)

[16] James Douglas (1675-1742) médico y anatomista escocés.

[17] J. B. Winslow (1669-1760), anatomista danés.

delgado está unido al peritoneo posterior por un pliegue oblicuo y extenso, el **mesenterio**, y el colon sigmoide se une al peritoneo posterior mediante el **mesocolon sigmoide**. El mesenterio divide este compartimento en una parte superior derecha y otra inferior izquierda que comunican ampliamente con la pelvis.

A los lados del colon ascendente y del descendente se forman los *surcos paracólicos derecho e izquierdo*; son canales longitudinales comprendidos entre la pared abdominal y estos órganos; el surco paracólico derecho se continúa hacia arriba con el *receso hepatorrenal* y la bolsa omental.

ESTÓMAGO

El **estómago** es un tubo dilatado, muscular y mucoso, comprendido entre el esófago y el duodeno. En el estómago se almacenan transitoriamente los alimentos deglutidos y comienza la digestión mediante la acción del jugo gástrico que los transforma en *quimo*. Mediante contracciones de la musculatura gástrica el *quimo* es enviado progresivamente hacia el intestino delgado. En la pared gástrica se sintetizan diversas moléculas que ejercen un papel hormonal regulador de la actividad digestiva.

Situación

El estómago se sitúa en la parte izquierda del **espacio supramesocólico**, en la celda subfrénica izquierda (Figs. 8-52; 8-64 y 8-72). Está por encima del mesocolon transverso y debajo del diafragma y del hígado, que lo cubre, en parte, por delante. La forma abovedada del diafragma transforma a este órgano en una víscera toracoabdominal, de modo que gran parte del mismo se oculta bajo los últimos arcos costales izquierdos. El estómago se proyecta en la superficie abdominal sobre el hipocondrio izquierdo, el epigastrio y la parte alta de la región umbilical.

Forma

La forma del estómago es, en general, la de un saco alargado en sentido vertical cuya parte inferior se dobla hacia el lado derecho (Figs. 8-50 y 8-51). No obstante, la forma varía notablemente en virtud de factores constitucionales y funcionales. La forma del tórax, la tonicidad de las paredes abdominales, el estado de repleción, la movilidad de su pared y la postura corporal, confieren al estómago diferentes formas. Los estudios radiológicos de la silueta gástrica identifican difrentes formas «típicas»: estómago en «J», en «asta de toro», «alargado», etc.

El estómago presenta dos orificios de comunicación, el cardias y el píloro, y dos partes, una vertical y otra horizontal.

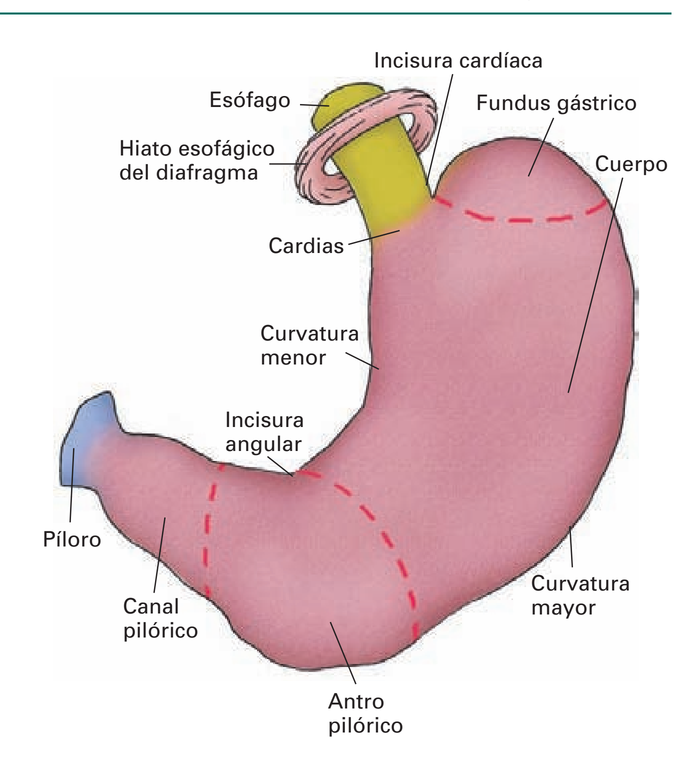


Figura 8-50. Visión anterior del estómago.

El **cardias** es el orificio de comunicación con el esófago; se sitúa a la izquierda del plano medio a nivel de la vértebra T11. Es un orificio ovalado y orientado oblicuamente hacia arriba y hacia la derecha.

> Una sonda introducida por la boca recorrería unos 40 cm desde los labios hasta el cardias o unos 45 cm desde las ventanas nasales. La **intubación nasogástrica** consiste en introducir una sonda por la nariz hasta pasar el cardias para poder llevar a cabo una aspiración del contenido del estómago en casos, por ejemplo, de intoxicación o de presencia de sangre.

El **píloro**[18] comunica con el duodeno; se sitúa a la derecha de la línea media, a un nivel variable entre las vértebras L1 y L3. Su posición está señalada en la superficie del estómago por un surco anular (constricción pilórica) determinada por el esfínter muscular que hay a ese nivel (véase más adelante) y por la vena pilórica que surca su parte ventral.

La *porción vertical* es el reservorio donde el alimento se mezcla y sufre la acción del jugo gástrico. Está constituida por la región cardíaca, el fundus y el cuerpo. La **región o porción cardíaca** es la zona de entrada al estómago a continuación del orificio del cardias. A la izquierda está el **fundus gástrico** (*fondo* o *cámara de gases*), que es la porción del estómago situada por encima de un plano hori-

[18] Píloro, del griego *pyloros* = portero.

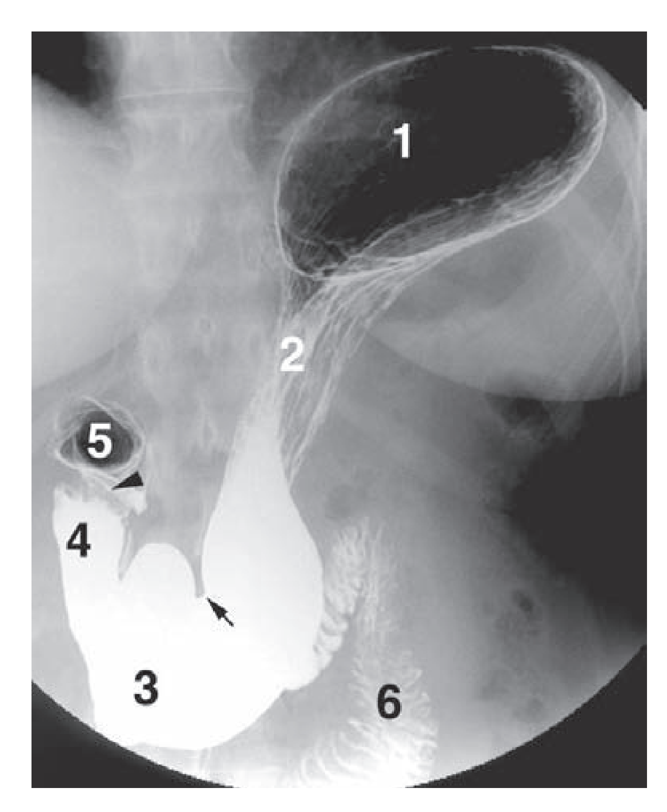


Figura 8-51. Radiografía del estómago con papilla de bario. 1) Cámara de gases. 2) Pliegues gástricos. 3) Antro pilórico. 4) Canal pilórico. 5) Primera porción del duodeno (bulbo duodenal). 6) Asas intestinales. Incisura angular (flecha). Píloro (cabeza de flecha).

zontal que pase por el cardias; su límite superior, arqueado, es el **fórnix gástrico**. Entre el fundus y el esófago abdominal se forma un ángulo muy agudo denominado **incisura cardíaca**. En esta región se acumulan gases que dan una imagen transparente a los rayos X por debajo de la cúpula del diafragma; de ahí el nombre de *cámara de gases* que se da a esta zona del estómago. A continuación del fundus viene el **cuerpo del estómago**, el cual forma gran parte del órgano.

La *porción horizontal* o **porción pilórica** es la parte evacuadora del *quimo*. Se dirige hacia la derecha, un poco oblicua hacia atrás y hacia arriba. Consta de dos partes divididas por un ligero surco intermedio, el **antro pilórico** y el **conducto pilórico**, este último es más estrecho y acaba en el orificio pilórico.

Estas porciones presentan, en conjunto, dos superficies o paredes y dos bordes o curvaturas.

La **pared anterior** del estómago tiene una porción torácica, que se proyecta sobre el tórax y una porción abdominal. La **pared posterior** está en relación con el lecho gástrico (véase espacio Supramesocólico). La **curvatura menor** es el borde derecho del estómago, cóncava hacia la derecha y hacia arriba; se extiende del cardias al píloro. Se distinguen dos partes, una vertical que corresponde al cuerpo y otra horizontal que corresponde a la porción pilórica. En la unión se forma la **incisura angular**. El borde izquierdo es la **curvatura mayor**, mucho más extensa; comienza en el cardias y delimita el fundus, el cuerpo y la porción pilórica hasta alcanzar el píloro.

Relaciones (véase espacio Supramesocólico)

Estructura

La pared del estómago comprende, de la superficie a la profundidad, cuatro capas: serosa, muscular, submucosa y mucosa (Fig. 8-54A).

La **serosa** es la hoja visceral del peritoneo que reviste las paredes del estómago (Figs. 8-52 y 8-72); se describe con el peritoneo gástrico del espacio supramesocólico. La **submucosa** presenta las características comunes al resto del aparato digestivo y contiene elementos nerviosos de los plexos entéricos.

Analizaremos las características de la mucosa y de la capa muscular. Su organización está adaptada a las funciones químicas de secreción del jugo gástrico y a la función motora de almacenamiento, mezcla y evacuación del alimento hacia el duodeno.

La **mucosa gástrica** (Fig. 8-53) es gruesa y tiene un aspecto pardo rojizo, algo más rosado en la porción pilórica. Se observan numerosos pliegues longitudinales (**pliegues gástricos**) que se unen mediante algunos pliegues transversales cortos. Estos pliegues tienden a desaparecer cuando el estómago se distiende. A nivel de la curvatura menor hay dos o tres pliegues longitudinales más marcados que se conocen como «calle gástrica». Si aproximamos una lupa en la superficie interior de la mucosa cabe apreciar infinitud de **fositas (criptas gástricas**) en cuya pared desembocan las **glándulas gástricas**.

> La mucosa puede observarse mediante **gastroscopia**. Ésta consiste en introducir un tubo por la boca hasta llegar al estómago. Antes los tubos eran rígidos y provocaban grandes molestias. Ahora son de fibra de vidrio flexible, lo que ha facilitado y extendido su uso en el diagnóstico y la terapéutica de enfermedades del estómago. Con el gastroscopio puede verse el origen de una hemorragia, e incluso el lugar de sangrado puede fotocoagularse con un láser incorporado.

Una sección de la pared mucosa permite distinguir los tres estratos típicos: un *epitelio superficial prismático y monoestratificado* que se apoya sobre una *lámina propia* y una *muscularis mucosae* de tejido liso. Las células epiteliales de la pared y las de las glándulas generan los elementos del jugo gástrico, un producto formado por moco, enzimas —como el pepsinógeno— ácido clorhídrico, bicarbonato, agua, hormonas y el factor intrínseco de la vitamina B_{12}; el jugo tiene un pH ácido y al día se produce, aproximadamente, una cantidad de 1.5 L.

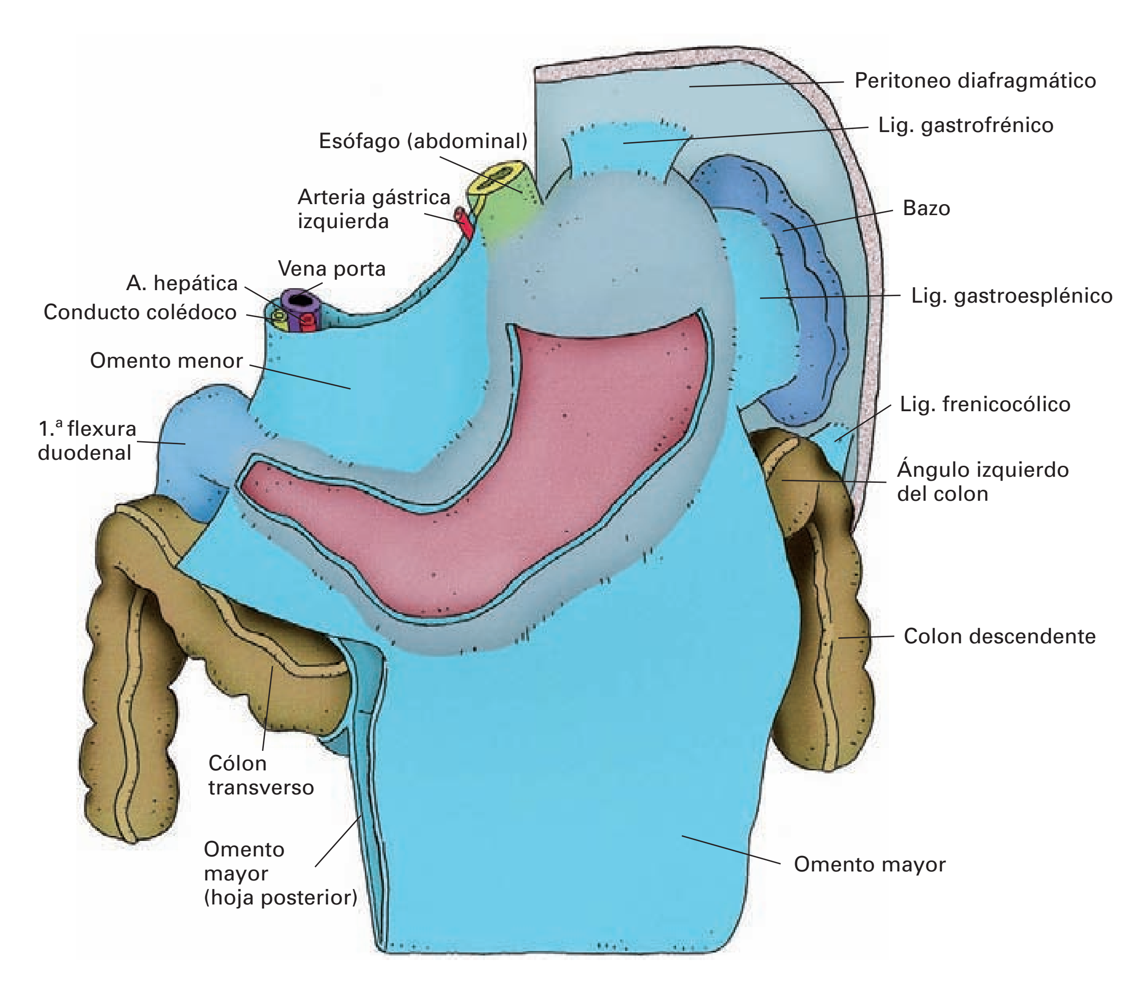


Figura 8-52. Visión anterior del espacio supramesocólico tras eliminar el hígado para mostrar el peritoneo y los pliegues del estómago. En la serosa del estómago se ha abierto una ventana que permite ver la pared muscular. Las hojas anterior y posterior del omento mayor se han representado sin fusionar.

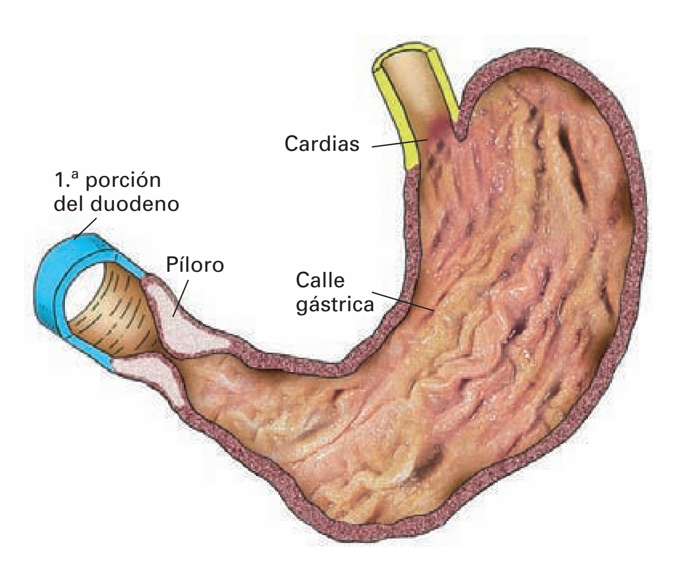


Figura 8-53. Estómago abierto para mostrar la mucosa y el esfínter pilórico.

Se distinguen tres tipos de glándulas en la mucosa según el territorio que ocupan y sus características funcionales.

Las **glándulas principales** (**fúndicas o propias**) ocupan el fondo y el cuerpo del estómago (Fig. 8-54B). Las **glándulas pilóricas** se disponen en la porción pilórica del estómago. Las **glándulas cardiales** ocupan la región cardial.

Las **glándulas principales** constan de varios tipos de células:

Células principales o *cimógenas*, que segregan el *pepsinógeno*, molécula que se activa en la enzima *pepsina* por interacción con el ClH; la pepsina es una enzima proteolítica, y el hecho de que se active una vez segregada impide que se digiera la propia mucosa.

Células parietales u *oxínticas*, que segregan ClH y el *factor intrínseco esencial para absorción de vitamina* B_{12} en el íleon.

En casos de gastritis crónica puede atrofiarse la mucosa y dejar de producir este factor, en estos casos, el paciente tiene una **anemia perniciosa** ya que no pue-

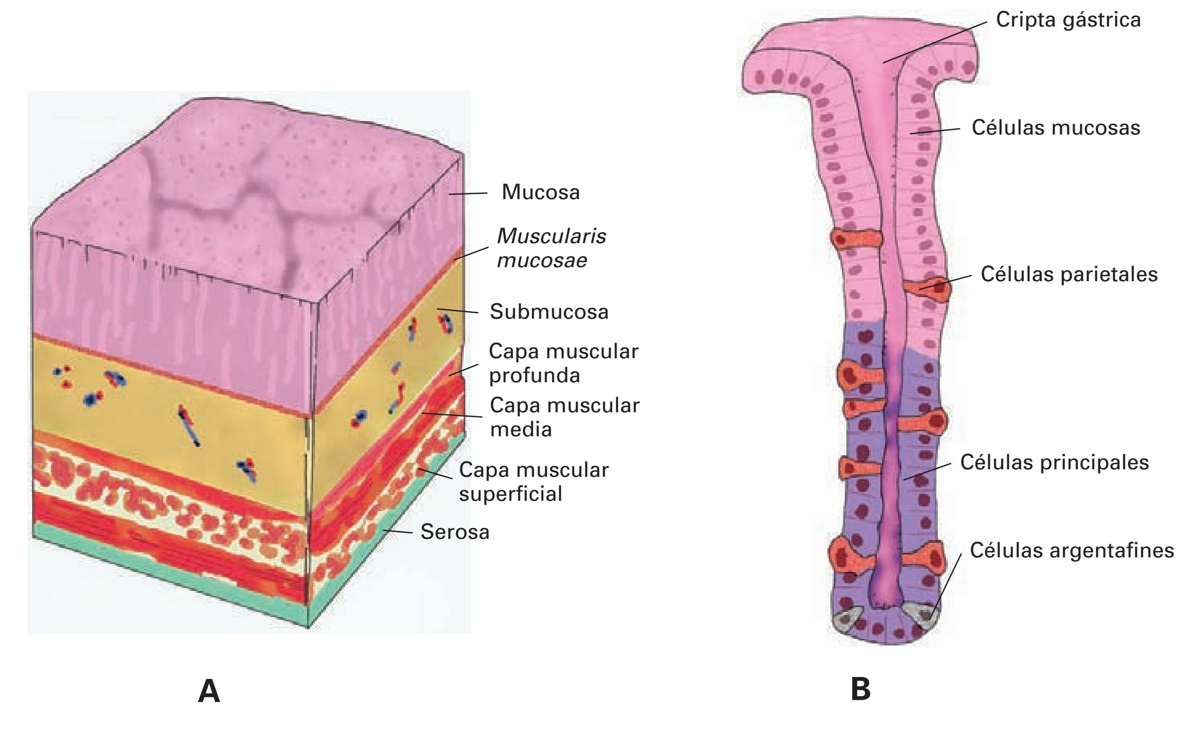


Figura 8-54. Estructura de la pared del estómago (A). Detalle de una glándula gástrica principal (B).

de absorber la vitamina B_{12}, esencial para la diferenciación de los hematíes en la médula ósea. A los pacientes con cáncer de estómago sometidos a una resección total del órgano debe administrárseles vitamina B_{12} en preparados inyectables.

Células mucosas, que, junto con las del epitelio de revestimiento, segregan *bicarbonato* y un *moco* viscoso casi insoluble que forma un gel en la mucosa. El moco lubrifica las células y, en combinación con el pH alcalino de esta secreción, confiere una importante protección a las células frente a la acción del ClH.

Si en una zona de la pared gástrica existe un desequilibrio entre la producción de moco y de ácido, con excesiva formación de este último, se puede producir un cráter en la mucosa (**úlcera gástrica**) de tamaño variable, por desintegración de la pared. La úlcera de estómago es una de las enfermedades más frecuentes de nuestra civilización. El lugar más habitual de aparición es la curvatura menor y, especialmente, la incisura angular. La gran mayoría de las úlceras se producen por efecto de una bacteria (*Helicobacter pylori*); tienen, pues, un origen infeccioso. La infección altera el equilibrio de la mucosa disminuyendo su protección frente al ácido. Otras úlceras se producen por estrés o por toma de medicamentos.

Células argentafines, que pertenecen al sistema endocrino difuso (APUD). Producen distintas sustancias tales como *5-hidroxitriptamina*, *histamina* y *gastrina* (esta última sobre todo en las glándulas pilóricas).

Las **glándulas pilóricas** contienen, fundamentalmente, células mucosas y células G secretoras de gastrina.

Las **glándulas cardiales** están, sobre todo, formadas por células mucosas.

En la base de todas las glándulas se encuentra una población de **células madre** encargadas de generar, a lo largo de toda la vida, los distintos tipos diferenciados de la mucosa. A medida que se produce la diferenciación, ascienden por la pared glandular sustituyendo a las renovadas. Cada tres o cuatro días se renueva el epitelio glandular; esto constituye un importante factor de protección de la mucosa, pues se sustituyen las células debilitadas.

Dinámica de la secreción gástrica

La secreción de ClH y de pepsinógeno está regulada por el sistema nervioso y por hormonas locales como la gastrina y la secretina.

La gastrina actúa sobre receptores de la membrana de las células secretoras. La histamina parece ser un cofactor esencial para que actúe la gastrina, puesto que si se bloquean los receptores histaminérgicos (receptores de tipo H_2 de las células parietales), éstas no segregan ClH; ésta es la base de la acción antiácida de algunos antihistamínicos que se emplean en el tratamiento de la úlcera.

La inhibición de la secreción de jugo gástrico depende del bloqueo en la producción de gastrina; el pH controla

la secreción de esta hormona, de modo que cuando desciende mucho por exceso de acidez, se bloquea su producción. La hormona secretina producida por el duodeno es, también, un inhibidor de la secreción gástrica.

La **capa muscular** (Fig. 8-55) es subyacente a la serosa, de la que está separada por un tejido conectivo areolar subseroso. Consta de tres estratos de fibra lisa: longitudinal, circular y oblicuo.

El **estrato de fibras longitudinales** es el más superficial. Es continuación de las fibras longitudinales del esófago y se extiende hasta el píloro. Forma bandas densas a nivel de las curvaturas mayor y menor.

El *estrato medio* es de **fibras circulares**; rodea completamente el estómago, desde el cardias donde se continúa con el estrato circular del esófago, hasta el píloro, a cuyo nivel se engruesa notablemente para formar el **esfínter pilórico**. Un tabique conectivo separa estas fibras de las del duodeno. El esfínter se ve reforzado por fibras longitudinales que penetran en profundidad y se confunden con las fibras circulares.

El *estrato profundo* es de **fibras oblicuas**; se origina en la incisura cardíaca y desciende por las paredes de la porción vertical del estómago como las ramas de una pinza. Hacia la parte media del cuerpo gástrico, estas fibras se hacen indefinidas y se confunden con la capa circular.

Movilidad gástrica

Cuando el alimento deglutido atraviesa el cardias se produce una relajación de la pared muscular que distiende el estómago; esta relajación es provocada por un reflejo vago-vagal. El alimento ocupa el cuerpo del estómago y se mezcla progresivamente mientras es sometido a la acción del jugo gástrico; la mezcla se produce por la aparición de ondas de constricción que progresan desde el cuerpo al antro pilórico haciendo que el alimento entre en contacto con la mucosa.

Evacuación del contenido: a medida que el alimento se va transformando en *quimo*, se pone en marcha la «bomba pilórica», consistente en ondas de constricción progresivamente más intensas del antro pilórico, las cuales vacían el contenido gástrico «inyectándolo» hacia el duodeno y relajando el tono del esfínter pilórico.

Acción del esfínter pilórico: en los intervalos digestivos, y durante la fase de preparación del *quimo*, el píloro está ligeramente abierto mediante una leve contracción tónica; su abertura total (relajación del tono) depende de la bomba pilórica, puesta en funcionamiento por señales químicas procedentes del duodeno y del propio estómago.

La movilidad de la pared gástrica y la bomba pilórica son estimuladas por reflejos locales de distensión de la pared y por la gastrina.

El paso del alimento al duodeno provoca reflejos esterogástricos que inhiben la movilidad antral y aumentan el tono del esfínter; hormonas intestinales, como la secretina y la colecistoquinina, inhiben la movilidad del estómago.

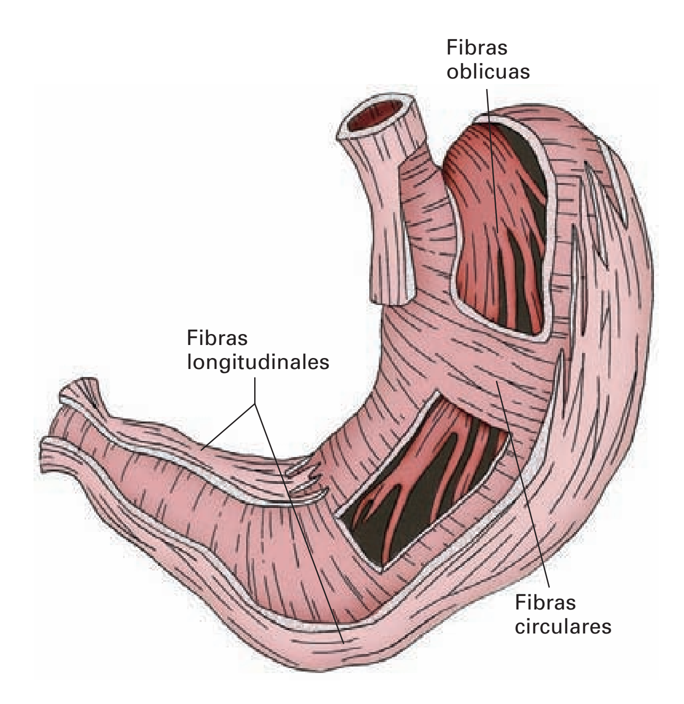


Figura 8-55. Capas musculares del estómago.

> Si después de varias horas no entra alimento en el estómago, aparecen unas contracciones rítmicas de la musculatura del cuerpo denominadas **contracciones de hambre**, que progresivamente aumentan de intensidad y se hacen dolorosas.
>
> El esfínter pilórico puede ser **hipertrófico** congénitamente; en estos casos, el lactante vomita y en el epigastrio se pueden observar ondas peristálticas que tratan de vencer la resistencia del esfínter. Se puede palpar una zona muy engrosada del tamaño de una aceituna.
>
> En algunas circunstancias, en pacientes operados o en el denominado «estrés del combate», se puede provocar una parálisis súbita de la movilidad gástrica, un cuadro muy grave en el que no se vacía el contenido del estómago y éste se dilata enormemente (**dilatación aguda de estómago**).

Vascularización

Arterias. El estómago está irrigado por ramas del **tronco celíaco**, las cuales forman dos arcadas arteriales siguiendo las curvaturas.

El *arco de la curvatura menor* se forma en el espesor del omento menor por la anastomosis de las **arterias gástrica izquierda** y **gástrica derecha** (rama de la hepática).

El *arco de la curvatura menor* se dispone en el omento mayor y es el resultado de la unión de las **arterias gastroepiploica izquierda** (rama de la esplénica) y **gastroepiploica derecha** (rama de la gastroduodenal).

De estos arcos salen numerosos **ramos gástricos** que se distribuyen por las paredes del estómago. La región del fondo recibe la **arterias gástricas cortas** y la **gástrica posterior**, ramas de la esplénica.

Venas. La sangre venosa drena en la **vena porta** mediante arcos satélites de las arterias. El modo de drenaje presenta variaciones, pero el modelo más habitual es el siguiente: el arco venoso de la curvatura mayor está formado por la **vena gastroepiploica derecha**, que drena en la mesentérica superior y la **vena gastroepiploica izquierda**, que termina en la vena esplénica.

El arco venoso de la curvatura menor está constituido por las **venas gástricas izquierda** y **derecha**, que drenan en el tronco porta; esta última recibe la **vena prepilórica**, que indica la situación del píloro.

Las **venas gástricas cortas** recogen sangre del fondo y terminan en la vena esplénica.

En la zona del cardias y el esófago abdominal se forma un importante plexo venoso submucoso que anastomosa las venas esofágicas con las de la curvatura menor. Este plexo es una zona muy importante de anastomosis entre los sistemas de la porta y de la cava (véase Vena porta).

Linfáticos. Los vasos linfáticos de la pared del estómago se dirigen a cuatro grupos ganglionares: **ganglios linfáticos gástricos derechos e izquierdos** (junto al arco vascular de la curvatura menor), **ganglios linfáticos gastroepiploicos derechos e izquierdos** (junto al arco vascular de la curvatura mayor), **ganglios pilóricos** (alrededor del píloro) y **ganglios esplénicos** y **pancreaticoesplénicos** (en el trayecto de la arteria esplénica). En ocasiones, existen unos pequeños ganglios linfáticos alrededor del cardias (**anillo linfático del cardias**). Los **ganglios linfáticos celíacos** son una estación secundaria del drenaje linfático del estómago.

Se han establecido cuatro territorios de drenaje en la pared gástrica, cada uno de ellos dependiente de unos ganglios linfáticos; sin embargo, debe afirmarse que el drenaje linfático del estómago es impredecible, por lo que, en caso de resección gástrica total por cáncer, deben eliminarse todos los linfáticos de la zona.

> El **cáncer de estómago** es una de las causas más frecuentes de muerte por cáncer. Es más frecuente en el varón y está asociado a factores genéticos y alimentario. La frecuencia varía entre las diversas poblaciones del mundo.

Inervación

El estómago recibe fibras parasimpáticas por los nervios vagos y fibras simpáticas procedentes del plexo celíaco.

Inervación parasimpática. El vago aporta al estómago fibras parasimpáticas preganglionares originadas en el núcleo dorsal del vago. Estas fibras llegan al estómago por el **tronco vagal anterior** y el **tronco vagal posterior**, los cuales emiten, respectivamente, **ramos gástricos anteriores** y **posteriores** que establecen sinapsis sobre neuronas posganglionares situadas en los **plexos mientérico** y **submucoso**. Las fibras posganglionares, muy cortas, alcanzan la musculatura lisa y la mucosa, liberan *acetilcolina*, y, bajo su efecto, producen un aumento de la secreción gástrica y de la motilidad.

> La **vagotomía** (sección del vago) provoca una disminución de la producción de ácido, por lo que se empleó como procedimiento terapéutico para curar la úlcera gástrica.

Inervación simpática. Los ganglios del **plexo celíaco** emiten fibras posganglionares que, formando plexos en torno a las ramas del tronco celíaco, alcanzan la pared del estómago. Estas neuronas han recibido, a su vez, por el nervio esplácnico mayor, la sinapsis de neuronas preganglionares originadas en los segmentos D6-D9 del núcleo simpático medular. Las fibras posganglionares terminan de varias formas: unas alcanzan la pared de los vasos, segregan *noradrenalina* y producen vasoconstricción; otras llegan a la musculatura lisa de los esfínteres; y otras, en fin, establecen sinapsis en una tercera estación de neuronas secretomotoras inhidoras del plexo entérico cuyo axón termina en la musculatura lisa de los esfínteres liberando *óxido nítrico* y *VIP*. En suma, la acción del simpático es producir vasoconstricción, disminución de la motilidad y la secreción gástrica, y relajación del esfínter pilórico.

Las *fibras aferentes* viajan por el vago y el simpático. Las fibras vagales son el brazo aferente de importantes reflejos, como el del vómito o el de la relajación gástrica consecuente con la entrada de alimento. La sensibilidad dolorosa discurre, preferentemente, por el simpático.

COMPLEJO DUODENOPANCREÁTICO

La íntima relación topográfica, embriológica y funcional del duodeno y del páncreas hacen conveniente el estudio conjunto de estos órganos.

DUODENO

El **duodeno**[19] (Fig. 8-56) es la porción inicial del intestino delgado; en él comienza la absorción del alimento y se vierten secreciones digestivas importantes, tales como la bilis y el jugo pancreático. Se extiende desde el píloro has-

[19] Duodeno, del griego *dodeca dactulon* = doce dedos, que es la longitud aproximada del mismo medida en traveses de dedo.

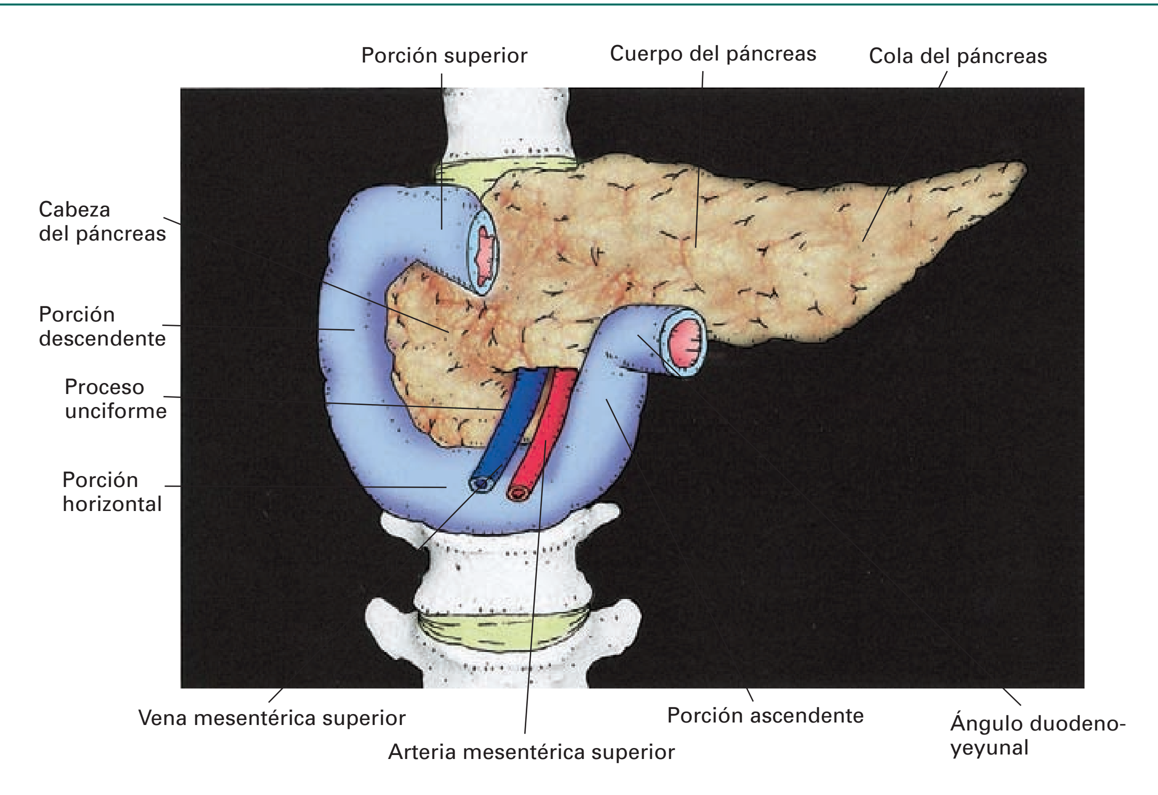


Figura 8-56. Visión anterior del duodeno y del páncreas.

ta el ángulo duodenoyeyunal, punto donde se continúa con el yeyuno. En su trayecto dibuja un asa de concavidad izquierda situada a la derecha de la línea mediosagital del abdomen. El asa duodenal encierra la cabeza y el cuello del páncreas, a los que se adhiere. La longitud del duodeno es de 25 a 30 cm.

Situación

El duodeno ocupa una posición muy profunda en el abdomen. Salvo la porción inmediata al píloro, que es intraperitoneal, el duodeno está tapizado por delante por el peritoneo parietal posterior, lo que lo convierte en un órgano **retroperitoneal**. Se dispone por delante de los grandes vasos prevertebrales (aorta abdominal y vena cava inferior), muy próximo a las vértebras lumbares. El hígado, el colon transverso y las asas intestinales lo cubren por delante.

Se *proyecta* en la región umbilical, pero su situación profunda lo hace inaccesible a la palpación. Aunque está bastante fijo por el peritoneo y las vísceras vecinas, su posición puede ascender o descender ligeramente según la postura corporal.

Forma

Es clásico distinguir en el asa duodenal cuatro porciones: superior, descendente, horizontal y ascendente (Fig. 8-56).

La **porción superior** (*primera porción*) continúa al píloro, es oblicua hacia la derecha, hacia arriba y hacia atrás; se dispone normalmente a nivel de la vertiente anterior y derecha de la vértebra L1. Los radiólogos denominan **ampolla duodenal** o **bulbo duodenal** a esta primera porción por el aspecto corto y abultado que tiene en la proyecciones radiológicas al paso del medio de contraste.

La **porción descendente** (*segunda porción*) cae verticalmente proyectándose hacia atrás sobre el flanco derecho de las vértebras lumbares, desde L1 a L4.

La **porción horizontal** (*tercera porción*) se dirige transversalmente hacia la izquierda a nivel de L3 o L4; es la más larga, y es algo cóncava hacia atrás por la relación íntima con los grandes vasos prevertebrales.

La **porción ascendente** (*cuarta porción*) es la más corta; sube casi vertical hasta la altura de la vertiente izquierda de la vértebra L2, donde se continúa con la primera asa yeyunal; este asa forma con la porción ascendente un ángulo agudo abierto hacia abajo, el ángulo duodenoyeyunal. Este ángulo ocupa una posición relativamente fija debido al soporte que efectúa el músculo suspensorio del duodeno.

El **músculo suspensorio del duodeno** (*músculo de Treitz*)[20] es un pequeño y complejo músculo digástrico extendido desde el diafragma al ángulo duodenoyeyunal. La parte superior es estriada y va desde el pilar derecho

[20] Wendel Treitz (1819-1872), médico austríaco.

del diafragma a la vaina conectiva del tronco celíaco; la parte inferior, de musculatura lisa, discurre desde esta vaina hasta el duodeno.

Se piensa que la contracción de este músculo ensancha y corrige el acodamiento del ángulo facilitando el tránsito digestivo.

Las zonas acodadas de paso entre las distintas porciones se denominan flexuras. Son especialmente marcadas la **primera flexura duodenal** (entre las porciones superior y descendente) y la **segunda flexura duodenal** (entre las porciones descendente y horizontal). Las acodaduras pueden ser más o menos anguladas dando origen a distintas configuraciones duodenales: en forma de «U» (el descrito), de «C» o de «V».

Estructura

La estructura del duodeno se estudiará conjuntamente con la del yeyuno y el íleon (véase más adelante), pero es preciso reseñar aquí algunos detalles singulares de la mucosa.

Mucosa duodenal. El aspecto interno de la mucosa del duodeno, visible con el fibroscopio, es de coloración rosácea y a nivel de la superficie interna de la porción descendente, hacia la parte media, presenta dos formaciones características denominadas papilas duodenales (Fig. 8-58). La **papila duodenal mayor** es un relieve cónico con un orificio diminuto en su vértice y difícil de observar. En el interior de la papila está la *ampolla de Vater*, dilatación a la que abocan el conducto colédoco y el conducto pancreático principal (véase más adelante). La papila está limitada, por arriba, por un pliegue transversal *suprapapilar* y, por abajo, se prolonga en un pequeño **pliegue longitudinal**. Algo por encima de este relieve se encuentra otro más pequeño, la **papila duodenal menor**, en cuyo vértice desemboca un conducto inconstante, el conducto pancreático menor.

PÁNCREAS

El **páncreas**[21] es un órgano doble, pues reúne una glándula exocrina digestiva que segrega el jugo pancreático y una glándula endocrina productora de hormonas como la insulina y el glucagón, esenciales para el metabolismo de la glucosa.

Situación

Enmarcado, en parte, por el asa duodenal, el páncreas es, también, un órgano **retroperitoneal secundario** (Figs. 8-56;

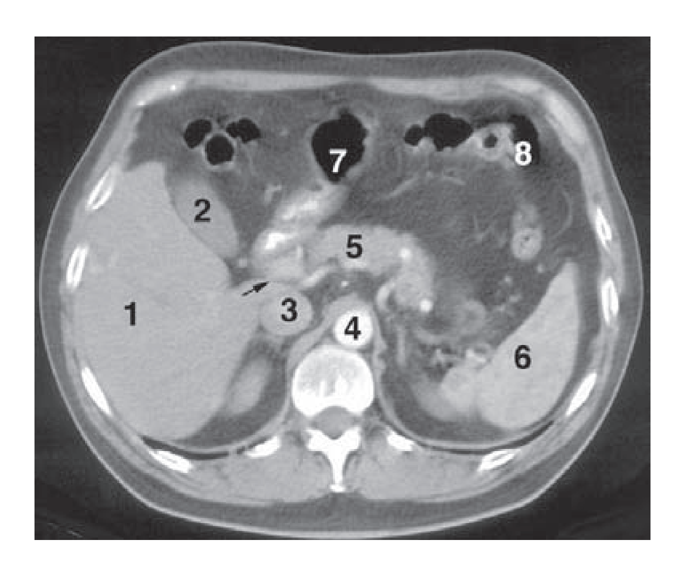


Figura 8-57. TC de la cavidad abdominal. 1) Hígado. 2) Vesícula biliar. 3) Vena cava inferior. 4) Aorta abdominal. 5) Cuerpo del páncreas. 6) Bazo. 7) Estómago. 8) Colon. La flecha indica el orificio omental.

8-57 y 8-58). Ocupa una posición muy profunda en el abdomen, inaccesible a la palpación, por delante de los grandes vasos prevertebrales y del riñón izquierdo. Oculto por detrás del estómago, forma parte del lecho gástrico.

Se *proyecta* hacia atrás sobre las dos primeras vértebras lumbares, y, hacia la pared abdominal anterior, lo hace sobre la región epigástrica, la parte alta de la región umbilical y el hipocondrio izquierdo.

Forma

El páncreas tiene el aspecto de una glándula salival, con una superficie lobulada a simple vista (Fig. 8-56). Es alargado en sentido transversal y aplanado en sentido anteroposterior. Tiene una coloración rosácea. Se distinguen en él cuatro partes, que son, de derecha a izquierda: cabeza, cuello, cuerpo y cola.

La **cabeza del páncreas** es una porción ensanchada y voluminosa alojada en la concavidad del asa duodenal; se adhiere íntimamente a las porciones descendente y horizontal del duodeno. La zona inferior de la cabeza emite una pequeña prolongación, el **proceso unciforme** (*gancho del páncreas*), que está separado del resto del órgano por la **incisura pancreática**, punto de paso de los vasos mesentéricos. En la zona superior de la cabeza se observan dos pequeños relieves en relación con la porción superior del duodeno: el **tubérculo omental**, por detrás del duodeno, y el *tubérculo preduodenal*.

Son, en realidad, la consecuencia de un pequeño surco que excava el duodeno sobre el borde superior de la cabeza del páncreas.

El **cuello** continúa la cabeza hacia el **cuerpo del páncreas**, un segmento alargado dispuesto por delante de la

[21] Páncreas, del griego *pan* = total y *kréatos* = carne, posiblemente porque carece de grasa.

columna lumbar que, finalmente, se estrecha sin límite preciso para formar la **cola del páncreas**, la cual contacta con el bazo.

En conjunto, el páncreas presenta una **cara anterior** y una **cara posterior** separadas por dos **bordes**, **superior** e **inferior**; este último tiende a ensancharse a nivel del cuerpo, determinando lo que se ha denominado cara inferior del cuerpo del páncreas[22].

Estructura

Como se ha mencionado anteriormente, el páncreas tiene un componente de secreción externa y otro de secreción interna (Fig. 8-60).

Páncreas exocrino

La porción exocrina del páncreas constituye la mayor parte del tejido pancreático; una cápsula conectiva muy fina y mal definida recubre el órgano y penetra en profundidad entre los lobulillos, cuyos contornos son visibles a simple vista. Los lobulillos están formados por conjuntos de células secretoras agrupadas en formas sacciformes (**acinos pancreáticos**) alrededor de una luz central que se continúa con un *conductillo intralobular*; éstos van confluyendo en *conductos interlobulares* más gruesos que drenan, finalmente, en dos grandes *conductos excretores*: los conductos pancreáticos principal y accesorio.

El **conducto pancreático principal** (*conducto de Wirsung*[23]) recorre el páncreas en toda su longitud, desde la cola a la cabeza recibiendo numerosos conductos, por lo que va haciéndose más grueso (Fig. 8-58). En la cabeza del páncreas se acoda ligeramente y se aproxima al colédoco, con el que, en la mayoría de los casos, termina uniéndose para desembocar conjuntamente en la ampolla de Vater de la papila duodenal mayor. Las fibras musculares lisas que rodean el conducto se engruesan en su terminación formando el **esfínter del conducto pancreático** que es parte del complejo del *esfínter de Oddi* (véase Vías biliares) (Fig. 8-59). Con frecuencia, existe un **conducto pancreático accesorio** (*conducto de Santorini*[24]) (Fig. 8-58) que se origina en la parte inferior de la cabeza del páncreas, sube por delante del principal, al que se une por un conductillo colateral, y termina abriéndose al duodeno, por encima del principal, en la papila duodenal menor.

Las células secretoras de los acinos producen diariamente entre 1.5 y 2 l de jugo pancreático. Este está formado por agua, bicarbonato (que neutraliza la acidez del jugo gástrico) e importantes enzimas digestivas: enzimas para las proteínas (*tripsina*, *quimotripsina* y *carboxilopeptidasa*), para las grasas (*lipasa pancreática* y *colesteroesterasa*) y para los hidratos de carbono (*amilasa pancreática*). Las enzimas son producidas por los acinos, y el agua y el bicarbonato por las células de los conductos.

[22] El ensanchamiento del borde inferior a nivel del cuerpo ha hecho definir a los autores clásicos, y así lo recoge la NAI, que el páncreas tiene a nivel del cuerpo tres caras: anterosuperior, anteroinferior y posterior; y tres bordes: superior, anterior e inferior. A nuestro criterio, éste es un exceso descriptivo innecesario que dificulta la comprensión de las relaciones del páncreas (véase espacio Retroperitoneal secundario).

[23] Johan Georg Wirsung (1600-1643), médico y anatomista alemán

[24] Gian Domenico Santorini (1681-1737), médico y anatomista italiano; profesor de la Universidad de Padua, igual que Wirsung.

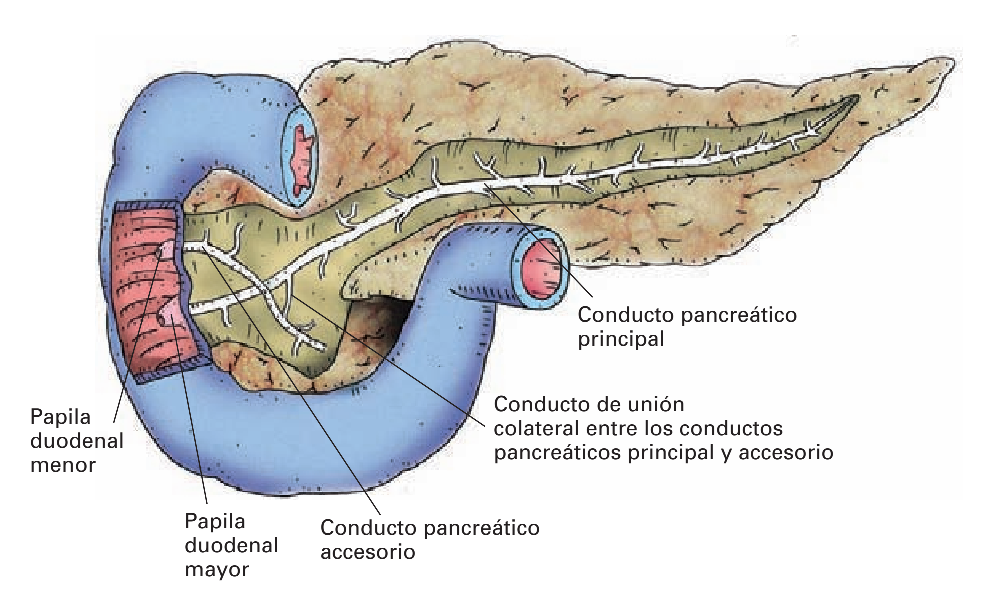


Figura 8-58. Visión anterior del duodeno y del páncreas. Representación esquemática de una disección de los conductos pancreáticos y del interior de la segunda porción del duodeno.

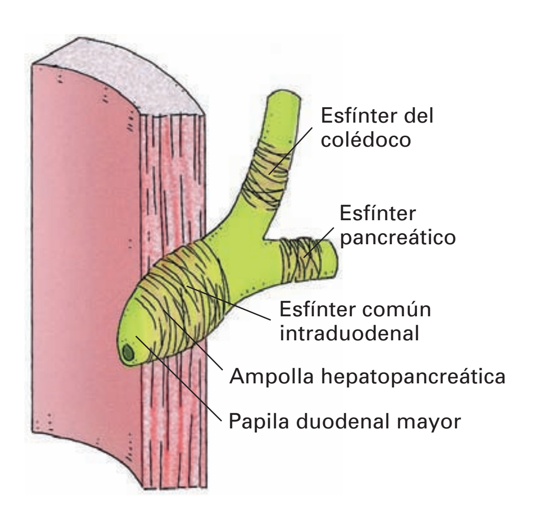


Figura 8-59. Esquema del complejo esfinteriano de Oddi.

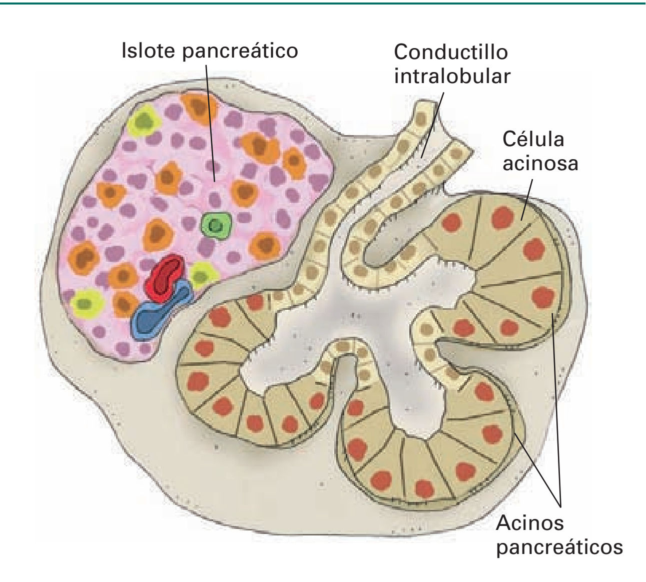


Figura 8-60. Estructura del páncreas mostrando un islote y un conjunto de acinos pancreáticos. Células beta (rosa); células alfa (naranja); células delta (amarillas); células PP (verde).

La secreción pancreática es estimulada por el sistema nervioso parasimpático y por las hormonas secretina y colecistoquinina del intestino. La secretina estimula, principalmente, la producción de agua y bicarbonato.

Como las enzimas proteolíticas podrían destruir el propio tejido que les produce, las células las segregan en formas inactivas: *tripsinógeno*, *quimotripsinógeno* y *procarboxilopeptidasa*. Estos precursores se activan en la luz del duodeno por un mecanismo en cadena. El tripsinógeno es activado en tripsina por la hormona *enterocinasa* del intestino; luego la tripsina activa los otros precursores.

Si las enzimas son activadas dentro del páncreas se produce un cuadro muy grave denominado **pancreatitis aguda**, en el cual el tejido puede ser digerido en horas, provocando la muerte.

Páncreas endocrino

La porción endocrina del páncreas está formada por los **islotes pancreáticos** (*islotes de Langerhans*[25]), esenciales en la regulación del metabolismo de la glucosa. Son agrupaciones más o menos esféricas formadas por conjuntos celulares entremezclados en una red capilar (Fig. 8-60). Hay aproximadamente un millón de islotes (no más del 5 % de la masa total del órgano). Están formados por **células alfa (A)**, que secretan el *glucagón*, **células beta (B)**, que secretan la *insulina*, **células delta (D)**, productoras de *somatostatina*, y, al menos, otro tipo celular que produce un *polipéptido pancreático* (PP).

La *insulina* permite el almacenamiento y la utilización de la glucosa por las células del organismo; se une a un receptor de membrana que vuelve a las células permeables a la glucosa. La presencia de glucosa en sangre es el mecanismo básico que estimula la secreción de insulina.

Cuando el sujeto no produce insulina en cantidad suficiente por degeneración de las células beta, aparece la **diabetes mellitus**, una enfermedad muy frecuente que provoca exceso de glusosa en sangre (**hiperglucemia**) y aparición de ésta en la orina (**glucosuria**). La administración de insulina permite controlar la enfermedad. En algunas ocasiones, las células beta pueden ser tumorales (**insulinoma**) y segregan cantidades excesivas de insulina que reducen la glucosa en sangre (**hipoglucemia**); estos pacientes tienen un «hambre canina» y trastornos nerviosos y psíquicos por falta de glucosa en el cerebro.

El *glucagón* tiene un efecto opuesto a la insulina, aumenta la cantidad de glucosa en sangre. La *somastotatina* tiene varios efectos: regula las otras dos hormonas (inhibe su secreción) y disminuye la actividad digestiva general (motilidad, secreción y absorción).

Entre las estructuras parenquimatosas del páncreas hay una maraña de tejido conectivo, fibras musculares lisas, fibras nerviosas, neuronas parasimpáticas, vasos y cordones dispersos de **células madre** que sirven para la renovación de las poblaciones celulares de los acinos y de los islotes.

Trasplante de páncreas. El páncreas se puede trasplantar a enfermos diabéticos que padecen insuficiencia renal. El órgano se trasplanta a la cavidad pélvica y se une a la vejiga de la orina para que se vierta a ella el jugo pancreático; los vasos sanguíneos se conectan a los vasos ilíacos. Con este procedimiento se compensa el déficit de insulina del paciente.

[25] Paul Langerhans (1847-1888), anatomista e histólogo alemán.

Vascularización

Arterias. Las arterias que irrigan el duodeno y el páncreas proceden de las arterias esplénica, gastroduodenal y mesentérica superior, las cuales establecen abundantes anastomosis alrededor del páncreas. El cuerpo y la cola del páncreas se vascularizan, principalmente, por ramas de la esplénica (**ramas pancreáticas**, **pancreática dorsal**, **pancreática mayor** y **de la cola del páncreas**). La cabeza del páncreas y el duodeno se irrigan por ramas de la gastroduodenal (**arterias supraduodenales superiores** y **retroduodenales**) y de la mesentérica superior (**arterias pancreaticoduodenales inferiores**). Estos vasos se anastomosan por delante y por detrás de la cabeza del páncreas formando arcadas arteriales, y constituyen una importante unión entre el tronco celíaco y la arteria mesentérica superior.

Venas. La sangre venosa del páncreas drena en la vena porta. Las **venas pancreatoduodenales** lo hacen en la mesentérica superior y las **venas pancreáticas** en la esplénica.

Linfáticos. La linfa del duodeno y del páncreas es recogida por los **ganglios linfáticos pancreatoduodenales (superiores e inferiores), pilóricos y pancreáticos (superiores e inferiores).** Drenan linfa en los ganglios linfáticos celíacos y mesentéricos superiores.

Inervación

El duodeno y el páncreas reciben fibras simpáticas posganglionares procedentes del plexo celíaco y fibras parasimpáticas preganglionares del tronco vagal posterior. Alcanzan estos órganos mediante los plexos nerviosos periarteriales correspondientes.

La inervación del duodeno es similar a la del yeyunoíleon.

La inervación del páncreas humano no es muy bien conocida. Las fibras simpáticas terminan en la pared de los vasos sanguíneos (vasomotoras) y en los acinos e islotes.

Las fibras parasimpáticas preganglionares establecen sinapsis en microganglios del interior del páncreas; las fibras posganglionares se distribuyen por los acinos y los islotes. La estimulación parasimpática estimula la secreción de jugo pancreático.

YEYUNO E ÍLEON

El **yeyuno**[26] y el **íleon**[27] constituyen la parte más extensa del intestino delgado, en la que tiene lugar gran parte de la absorción de alimentos. Además, producen hormonas que regulan la secreción y la motilidad gastrointestinal, y contienen numerosas formaciones linfoides que hacen de esta parte del tubo digestivo un verdadero órgano inmunitario de carácter secundario.

Se extiende desde el ángulo duodenoyeyunal hasta el ciego, donde se abre por la unión ileocecal a nivel de la fosa ilíaca derecha. Es un tubo cilíndrico, de longitud muy variable; en el ser vivo tiene una longitud aproximada de 5-6 m. El yeyuno y el íleon difieren algo en su morfología y en sus capacidades funcionales, pero no hay un límite preciso entre ambos, sino más bien un cambio progresivo que justifica la denominación conjunta de **yeyunoíleon**. Para acomodarse al espacio abdominal, el yeyunoíleon se pliega formando asas intestinales.

Situación

El yeyuno íleon es un órgano **intraperitoneal**, unido por el pliegue del mesenterio al peritoneo parietal posterior. Se sitúa en el **espacio inframesocólico**, debajo del mesocolon y del colon transverso, por detrás del omento mayor que lo separa de la pared abdominal anterior. En general, está enmarcado por el intestino grueso, el cual se dispone como una orla a su alrededor. La gran movilidad de este órgano determina que pueda desbordar por delante las pociones ascendente y descendente del colon.

Se *proyecta* sobre una gran extensión de la superficie abdominopélvica: regiones umbilical, hipogástrica, vacíos lumbares y fosas ilíacas. La fijación del yeyunoíleon por el mesenterio determina que, a pesar de su movilidad, el yeyuno ocupe una posición superior e izquierda, y el íleon una posición más inferior.

Diferencias entre el yeyuno y el íleon

En el largo tubo que representan las asas intestinales se aprecian algunas diferencias morfológicas. Poder distinguir con certeza entre el yeyuno y el íleon tiene gran importancia en algunas intervenciones de cirugía abdominal. Las diferencias más significativas son las siguientes:

1. El tubo intestinal se adelgaza progresivamente, de modo que el yeyuno tiene mayor calibre (unos 4 cm) que el íleon (unos 3 cm).
2. La pared yeyunal es más gruesa y está más vascularizada, lo que le confiere un aspecto más rojizo.
3. El mayor grosor del yeyuno se debe a que los pliegues circulares y las vellosidades intestinales de su interior (véase Estructura) son más grandes.

> Los dedos del cirujano pueden palpar desde la superficie del asa la presencia de pliegues en el yeyuno; sin embargo, no puede apreciarlos en el íleon terminal, donde son muy pequeños.

[26] Yeyuno, del latín *jejunus* = vacío.
[27] Íleon, del griego *eilein* = encorvar.

4. En el pliegue mesentérico se observan diferencias entre el yeyuno y el íleon (véase más adelante).

Divertículo ileal

Un 2 % de la población presenta en el íleon una formación diverticular en forma de dedo de guante con fondo ciego y, generalmente libre, denominada **divertículo ileal** (*divertículo de Meckel*). Es un resto embrionario de la porción proximal del conducto vitelino. Tiene una longitud media de 5 cm y el diámetro del íleon. Suele disponerse a una distancia entre 50 y 90 cm de la unión ileocecal, y se fija en el borde antimesentérico del intestino. La estructura es igual a la del íleon, pero, en ocasiones, la mucosa tiene islotes de tejido gástrico o pancreático.

El conocimiento del divertículo ileal es de gran interés clínico. Si se inflama (**diverticulitis ileal**) da lugar a un cuadro clínico de abdomen agudo que puede confundirse con una apendicitis. Si hay mucosa gástrica, ésta puede segregar ClH y ulcerar el divertículo. En ocasiones, el fondo del divertículo está unido al ombligo mediante un cordón fibroso que incluso puede ser permeable (**fístula vitelina**) por persistencia del conducto vitelino embrionario, con salida de heces por esta vía.

Peritoneo del yeyunoíleon: el mesenterio

Las asas intestinales están envueltas por el peritoneo visceral, el cual forma su cubierta serosa. El **mesenterio** es el pliegue peritoneal que une la serosa del yeyunoíleon al peritoneo parietal posterior y por el que discurren, entremezclados entre tejido conectivo y grasa, los elementos vitales de este órgano (arterias, venas, linfáticos y nervios). La grasa es más abundante hacia el íleon, detalle que ayuda al cirujano a diferenciarlo del yeyuno, ya que la menor cantidad de grasa a nivel de este último determina que las arcadas vasculares se observen mejor.

El mesenterio se describe con el espacio Inframesocólico.

Relaciones (véase espacio Inframesocólico)

Estructura del intestino delgado
(Figs. 8-61 y 8-62)

Analizamos aquí la estructura de las tres porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon).

La pared intestinal está formada por cuatro capas: serosa, muscular, submucosa y mucosa. El plexo nervioso entérico se encuentra en su espesor.

La **serosa** es el peritoneo visceral que envuelve el tubo, con excepción de la mayor parte del duodeno, que es retroperitoneal.

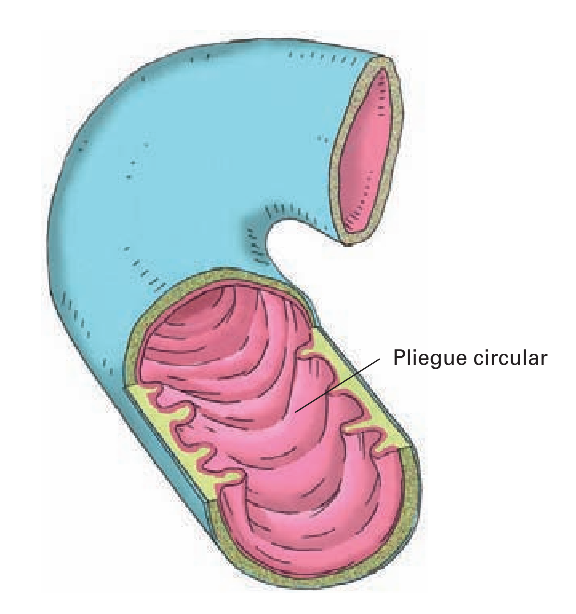


Figura 8-61. Asa intestinal recubierta de peritoneo (azul) abierta para mostrar la mucosa.

La **muscular** está formada por un estrato superficial de *fibras lisas longitudinales* y un estrato profundo, y más grueso, de *fibras circulares*.

La musculatura intestinal permite dos tipos fundamentales de movimientos: de mezcla y de propulsión.

Los *movimientos de mezcla* (o de segmentación) son contracciones localizadas, concéntricas, y en intervalos, de la pared intestinal; en conjunto, confieren un aspecto segmentado a las asas intestinales. Estos movimientos fragmentan el quimo y facilitan la mezcla.

Los *movimientos de propulsión* (o peristálticos) posibilitan el avance del quimo; son ondas de propulsión que se originan en cualquier punto y se mueven durante un corto trayecto, siempre en dirección distal. El anillo de constricción se desplaza hacia delante, quizá porque el plexo mientérico que lo regula está «polarizado en dirección distal».

Regulación de la motilidad intestinal

La musculatura del intestino delgado tiene una actividad tónica de base soportada por la actividad del plexo nervioso entérico. Las contracciones se producen con un ritmo autónomo que puede resultar influido por distintos factores: *a*) la distensión del duodeno por estímulo del quimo provoca un aumento de la motilidad; *b*) la distensión del estómago provoca, por vía nerviosa, un aumento de las contracciones intestinales peristálticas (reflejo gastroentérico); las hormonas serotonina y gastrina aumentan la motilidad; y la secretina (producida por las células S del duodeno en respuesta al jugo gástrico) y el glucagón la disminuyen; d) el sistema nervioso central, a través del vegetativo, aumenta o disminuye la motilidad intestinal.

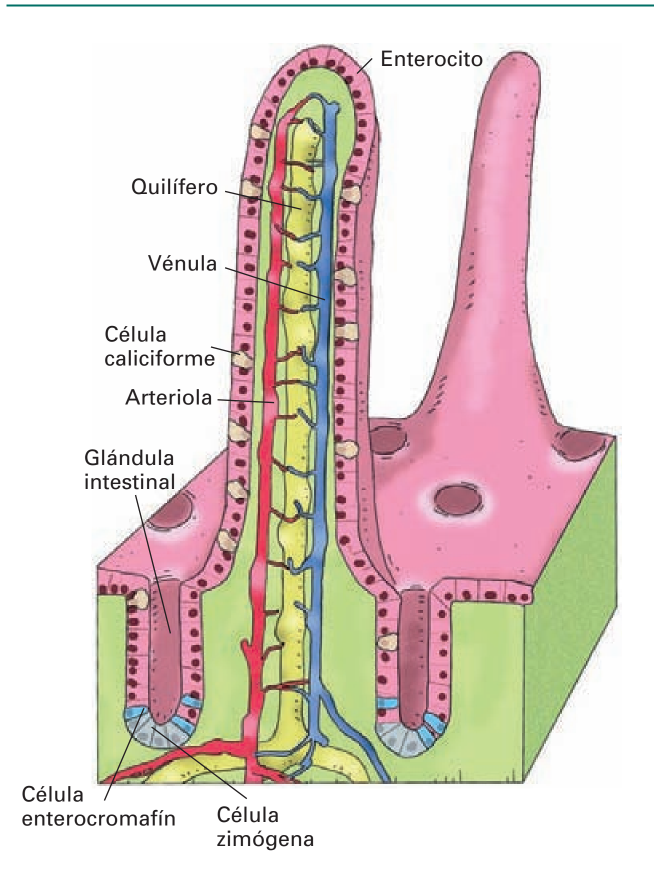


Figura 8-62. Esquema del «complejo vellosidad-glándula intestinal» del intestino delgado.

> El **íleo** es un síndrome clínico caracterizado por obstrucción intestinal; el quimo no puede avanzar. Las causas de íleo son mecánicas o nerviosas. El bloqueo mecánico puede obedecer a compresiones externas (adherencias peritoneales), tumores de la pared intestinal que ocluyen la luz, etc. El bloqueo por causa nerviosa (íleo paralítico) produce la parálisis de la musculatura lisa intestinal; es, generalmente, consecuencia de infecciones abdominales. En los casos de obstrucción intestinal se producen dolor abdominal, vómitos, falta de eliminación de heces y gases y retención de éstos (meteorismo) con dilatación intestinal proximal a la oclusión.

La **mucosa** intestinal consta de un *epitelio cilíndrico simple* sustentado por una *lámina propia* de tejido conectivo y una *muscularis mucosae* organizada en dos estratos de fibras, uno externo longitudinal y otro interno circular.

Si la mucosa fuese lisa, la superficie de absorción sería muy reducida a pesar de los varios metros de longitud del intestino. Con objeto de incrementar el área de absorción, la mucosa forma tres tipos de pliegues: circulares, vellosidades y microvellosidades.

Los **pliegues circulares** se extienden perpendicularmente al eje del tubo intestinal y tienen un aspecto semilunar (Fig. 8-61). Se encuentran bien desarrollados en el duodeno, excepto en la primera porción, donde no existen. Disminuyen de tamaño y de número en dirección al íleon terminal. Los pliegues circulares son permanentes y no desaparecen con la repleción intestinal como sucede con los pliegues gástricos. La muscularis mucosae penetra en su interior contribuyendo a su motilidad. Los pliegues circulares multiplican por tres la superficie de absorción.

Las **vellosidades intestinales** (Fig. 8-62) son proyecciones digitiformes de hasta 1 mm de longitud que, en número de millones, revisten toda la mucosa intestinal y le dan un aspecto aterciopelado. Hacia el íleon disminuyen de tamaño y de número. Las vellosidades incrementan por diez la superficie de absorción.

Las *microvellosidades* son formaciones microscópicas de la membrana apical de las células epiteliales del intestino (enterocitos), al que confieren un aspecto de ribete de cepillo. Las microvellosidades, en número de 2000-3000 por célula, multiplican por veinte la superficie de absorción.

Entre las vellosidades hay millones de orificios de desembocadura de **glándulas intestinales** (*glándulas de Lieberkühn*)[28]. Las vellosidades y las glándulas constituyen un complejo indisociable que se denomina complejo vellosidad-glándula.

Complejo vellosidad-glándula intestinal. Las glándulas intestinales (Fig. 8-63) son unas depresiones no ramificadas que se extienden en profundidad hasta la muscularis mu-

[28] Johann Nathanael Lieberkühn (1711-1756), médico y anatomista alemán.



Figura 8-63. Sección de una glándula intestinal. 1) Enterocito. 2) Célula caliciforme. Tricrómico de Masson. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

cosae. Están formadas por un epitelio rodeado del tejido conectivo de la lámina propia.

La vellosidad tiene una organización semejante pero invertida: cada vellosidad consta de un eje central de tejido conectivo rodeado de un epitelio cilíndrico. En el eje conectivo de la vellosidad se disponen arteriolas y vénulas, entre las que se establece una red capilar fenestrada que capta los productos alimenticios absorbidos en el epitelio. Un **vaso quilífero** central recoge específicamente las grasas y las transporta a la circulación linfática. Los vasos de la vellosidad están rodeados de una malla de fibras musculares lisas procedentes de la muscularis mucosae y de haces de fibras conectivas que anclan entre sí las láminas basales del epitelio, el endotelio y el perimisio. La contracción de estas fibras durante el proceso digestivo tiene un doble efecto: acorta y alarga las vellosidades aumentando el efecto de contacto con el quimo al tiempo que «exprime» los quilíferos en dirección a la corriente linfática intestinal (bomba de la vellosidad).

El complejo vellosidad-glándula consta de diferentes tipos de células:

a) *En la vellosidad y en el resto del epitelio* ser encuentran, predominantemente, **enterocitos** o **células cilíndricas de absorción**, las cuales absorben los carbohidratos, los aminoácidos y los ácidos grasos. Las microvellosidades de su extremo apical tienen enzimas que completan el proceso de digestión. Los enterocitos de las glándulas, además de absorber las moléculas alimenticias, segregan agua y electrólitos que circulan hacia la vellosidad, donde son reabsorbidos; se establece, así, en el complejo una microcirculación de líquido que coopera en la absorción del quimo.

Aunque la mayoría de las sustancias pueden ser absorbidas en cualquier porción del intestino delgado, algunas, como la vitamina B_{12}, son absorbidas sólo en el íleon y el ácido fólico y el hierro se absorben preferentemente en el duodeno. Este hecho debe tenerse presente cuando se requiere una resección extensa del intestino, pues la supresión del íleon dejaría al organismo sin vitamina B_{12}, que, como hemos señalado anteriormente, es un factor imprescindible para la maduración de los eritrocitos.

Entre los enterocitos se disponen, en intervalos, **células caliciformes** secretoras de mucina para proteger y lubrificar la mucosa.

b) En las *glándulas intestinales* hay, además, otros tipos celulares: células zimógenas células enteroendocrinas y células madre.

Las **células zimógenas** (*células de Paneth*) se encuentran en el fondo y segregan lisozima para regular la flora bacteriana intestinal.

Las **células enterocromafines** pertenecen al sistema APUD. Segregan diversas hormonas digestivas. Entre las principales se encuentran las células EC que segregan *serotonina* (estimulante de la motilidad intestinal), las células G, que producen *gastrina*, las células S, que sintetizan *secretina* (estimulante de la producción pancréatica de agua y bicarbonato), las células D, productoras de *somatostatina* (inhibidora de las secreciones gástrica y pancreática) y las células I, que sintetizan *colecistoquinina-pancreocimina* (estimulante de las enzimas pancreáticas y la motilidad de la vesícula biliar).

Los tumores de las células enterocromafines (**apudomas**) cursan con síntomas digestivos muy complejos por la alteración de todas estas sustancias.

Las **células madre** ocupan la mitad inferior de las glándulas. Son pluripotentes y muy proliferativas, y tienen la misión de renovar las células degeneradas de la vellosidad. Las células migran siguiendo la lámina basal epitelial desde la glándula a la pared de la vellosidad y se diferencian en los otros tipos celulares. Gracias a estas células, el epitelio se renueva cada 3 ó 5 días.

El complejo glándula-vellosidad es un modelo de continuo desarrollo embrionario mantenido durante toda la vida, en el que, regulado por factores genéticos no bien conocidos, las células se dividen, migran, diferencian, ejercen su función y, finalmente, mueren.

Las **glándulas duodenales**. En la mucosa del duodeno hay glándulas específicas (*glándulas de Brunner*). Son ramificadas, invaden la submucosa y abundan especialmente en la mitad superior del duodeno. Segregan moco que protege al duodeno del paso del jugo gástrico.

La secreción intestinal está regulada por estímulos locales provocados por la presencia de quimo en el tubo intestinal. Las hormonas intestinales también contribuyen a la secreción.

La mucosa intestinal es también, un **órgano inmunitario secundario** integrado en el sistema MALT (véase Sistema inmunitario). En ella se encuentran células inmunitarias aisladas o agrupaciones foliculares que llegan a constituir hasta un 25 % de la mucosa.

En la lámina propia hay numerosos linfocitos B y T, así como células plasmáticas y macrófagos. Entre las células epiteliales hay linfocitos T.

Los **folículos linfoides** ocupan la lámina propia de la mucosa y, a veces, penetran en la submucosa. Están dispersos por toda la mucosa, preferentemente en el borde antimesentérico. Los folículos pueden ser **solitarios** o formar **agregados** (*placas de Peyer*), ovalados y de varios centímetros de longitud; son más abundantes en el íleon. El epitelio que reviste las formaciones linfoides contiene células M, especializadas en funciones inmunitarias de transporte de antígenos.

En la **fiebre tifoidea**, la bacteria *Salmonella typhi* produce la ulceración y muerte de estos folículos con riesgo de perforación de la pared intestinal.

Enfermedad de Crohn (ileítis). Es una grave enfermedad crónica de naturaleza autoinmunitaria (el sistema inmunitario ataca a las propias células del organismo) que afecta preferentemente al íleon, pero puede afectar al colon y al yeyuno, o a otras partes del tubo digestivo. El sistema inmunitario ataca a la mucosa intestinal produciendo inflamación y ulceraciones que provocan sangrado.

Vascularización del yeyuno y el íleon

Arterias. El yeyunoíleon está irrigado por la **arteria mesentérica superior**. Esta arteria emite en el espesor del mesenterio de 12 a 15 **ramas yeyunoileales** que se dirigen hacia el intestino. En las cercanías de las asas intestinales se anastomosan en conjuntos de arcadas arteriales, las cuales son más finas y numerosas a nivel del íleon. Los vasos anastomosados más próximos al intestino son los vasos paralelos, de los que salen pequeños *vasos rectos* que abordan el borde mesentérico del asa y se bifurcan en dos finas *arterias circunferenciales* que bordean los lados del asa bajo el tejido subseroso peritoneal en dirección al borde libre. Las arterias circunferenciales dan finos ramos que penetran en las restantes capas de la pared; en la submucosa forman un intrincado plexo arterial del que salen las arterias de la vellosidad.

Infarto intestinal. Como cualquier otra arteria del organismo, la mesentérica superior puede ocluirse por un émbolo o por un trombo provocando un infarto agudo del intestino. Es una situación muy grave que pone en peligro la vida del paciente en pocas horas si no se interviene, pues el territorio afectado se gangrena y perfora. Hay dolor abdominal muy intenso de instauración rápida con signos de obstrucción intestinal.

Venas. El yeyunoíleon drena la sangre al sistema porta mediante las **venas yeyunales** e **ileales** tributarias de la **vena mesentérica superior**.

Microcirculación en la vellosidad intestinal. En el eje conectivo de la vellosidad penetran una o varias arteriolas procedentes del plexo submucoso, que se dirigen hacia el vértice. Una vénula recoge la sangre en dirección opuesta. En el vértice hay anastomosis arteriovenosas por las que la sangre puede eludir los capilares de la vellosidad en determinadas circunstancias. La derivación de sangre arteriovenosa constituye, en algunas situaciones patológicas (p. ej., reducción del flujo arterial al intestino por «shock»), un peligro para la vitalidad de la vellosidad al dejarla sin riego; en estos casos se producen problemas de absorción y atrofia de la mucosa.

El riego sanguíneo aumenta mucho durante la absorción de alimentos debido a una vasodilatación. Esta vasodilatación es provocada por la mayor actividad del órgano en respuesta a estímulos nerviosos locales (plexos entéricos) y hormonales (gran parte de las hormonas peptídicas intestinales son vasodilatadoras).

Linfáticos. En el interior de las vellosidades está los **vasos quilíferos** que recogen las grasas absorbidas en la mucosa. Los quilíferos abocan en *plexos linfáticos intramurales*, los cuales se encuentran en la mucosa (bajo la lámina propia), la submucosa y la muscular. Los vasos linfáticos que salen del yeyunoíleon drenan en los **ganglios linfáticos mesentéricos** (hasta 150). La porción terminal del íleon drena, también, en los **ganglios linfáticos ileocólicos**. De ambos grupos salen vasos eferentes que se dirigen hacia los **ganglios linfáticos mesentéricos superiores** (alrededor del tronco de la mesentérica superior) y los **ganglios linfáticos paraaórticos**. Por los troncos linfáticos intestinales y los lumbares, la linfa se dirige a la cisterna del quilo.

Inervación

El intestino delgado recibe fibras parasimpáticas por los nervios vagos y fibras simpáticas procedentes del plexo celíaco.

Inervación parasimpática. Las fibras parasimpáticas preganglionares originadas en el nucleo dorsal del vago llegan al intestino delgado por el **tronco vagal posterior**, el cual incorpora fibras al **plexo mesentérico superior**; las fibras establecen sinapsis en las neuronas posganglionares de los **plexos mientérico** y **submucoso**. Las fibras posganglionares inervan la musculatura lisa y las glándulas produciendo un aumento de la motilidad y de la secreción intestinal.

Inervación simpática. Las fibras preganglionares se originan en los segmentos T5-T9 de la columna intermediolateral de la médula espinal (núcleo simpático) y se incorporan a los **nervios esplácnicos** para establecer sinapsis en las neuronas del **plexo celíaco**. Las fibras posganglionares siguen el **plexo nervioso mesentérico superior** e inervan la musculatura lisa de los vasos produciendo vasoconstricción; de forma directa o a través de neuronas de los plexos entéricos, la estimulación simpática disminuye la motilidad y la secreción intestinales.

Debe recordarse que los plexos mientérico y submucoso funcionan también de forma autónoma en la regulación de la actividad intestinal (véase Sistema nervioso entérico).

Las *fibras aferentes* viajan con el simpático y con el vago, y aportan información sensitiva sobre el grado de distensión de la pared intestinal.

INTESTINO GRUESO

El **intestino grueso** (Fig. 8-64) es la parte terminal del tubo digestivo y se extiende desde el íleon hasta el orificio anal. Recibe este nombre por ser de un calibre mayor que el intestino delgado. Mide aproximadamente 1.5 m. Consta de tres partes: **ciego, colon**[29] y **recto**. Al ciego está unido el **apéndice vermiforme**. El colon dibuja una especie de marco en torno al yeyunoíleon y se divide, por su

[29] Colon, término de origen confuso; del griego *kolon* = miembro del cuerpo o intestino.

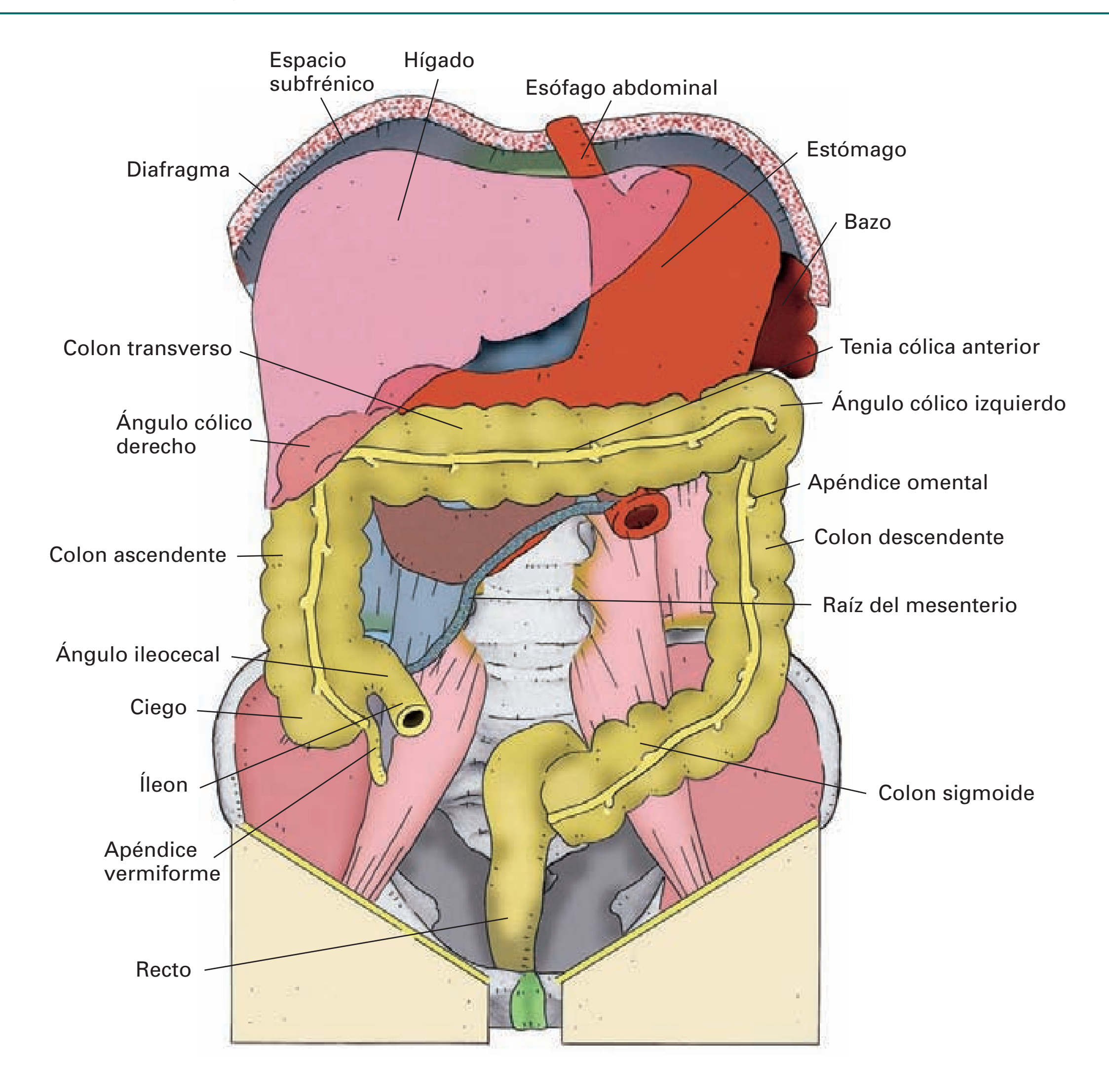


Figura 8-64. Visión anterior esquemática de las vísceras abdominales. El yeyuno y el íleon han sido extirpados.

trayecto, en una serie de partes: **ascendente, transverso, descendente** y **sigmoide**.

El intestino grueso está especializado en la absorción de líquidos y en la elaboración de las heces.

El intestino grueso absorbe la mayor parte del agua y electrólitos del *quimo* que pasa por la válvula ileocecal; de esta forma, el organismo recupera estos elementos cedidos por las secreciones digestivas (puede llegar a absorber hasta siete litros de líquido). Los restos no digeridos forman las heces, las cuales son parcialmente destruidas por *bacterias colónicas* mediante procesos de fermentación y de putrefacción. Segrega moco y bicarbonato para neutralizar la acidez bacteriana. Los restos finales se depositan en la parte distal del colon y se eliminan al exterior en la defecación.

Criterios funcionales permiten dividir el intestino grueso en una mitad proximal especializada en la absorción (*colon absortivo*) y una mitad distal que funciona básicamente como un depósito de heces (*colon de depósito*). Criterios embriológicos y de inervación vegetativa parasimpática permiten distinguir dos porciones limitadas por la unión de los dos tercios anteriores con el tercio posterior del colon transverso: el *colon anterior*, derivado del intestino medio e inervado por el vago, y el *colon posterior*, derivado del intestino posterior e inervado por el parasimpático sacro.

Características generales

El intestino grueso se caracteriza por una serie de detalles morfológicos que lo diferencian del intestino delgado.

a) Tiene mayor calibre que el intestino delgado y va disminuyendo de proximal a distal.

b) La capa de fibras musculares longitudinales se engruesa para formar tres franjas musculares longitudinales

denominadas **tenias cólicas**[30]. Las tenias se originan en el ciego, a nivel de la base de implantación del apéndice vermiforme (véase más adelante). Se distinguen una tenia anterior (**tenia omental**), una tenia posteromedial (**tenia mesocólica**) y una tenia posterolateral (**tenia libre**). En el colon sigmoide sólo hay dos (por fusión de las tenias mesocólica y libre), y el recto carece de ellas.

c) A lo largo de la superficie libre del colon, y fijados a las tenias, se encuentran los **apéndices omentales** (*apéndices epiploicos*). Son pequeñas evaginaciones del tejido conjuntivo subseroso, llenas de grasa y cubiertas de peritoneo; están en continuidad con el tejido conectivo y la grasa de los mesos respectivos. No existen en el ciego ni el recto.

d) La superficie ofrece un aspecto abollonado (**haustras cólicas**[31]) separados por surcos, los cuales corresponden a los pliegues semilunares que sobresalen en la luz del colon. Es posible que las abollonaduras se deban a un fruncimiento de la pared dada la relativa cortedad de las tenias con respecto a la pared intestinal. Tienen una localización constante, pero pueden borrarse. Se observan muy bien tanto en cadáver como en radiología.

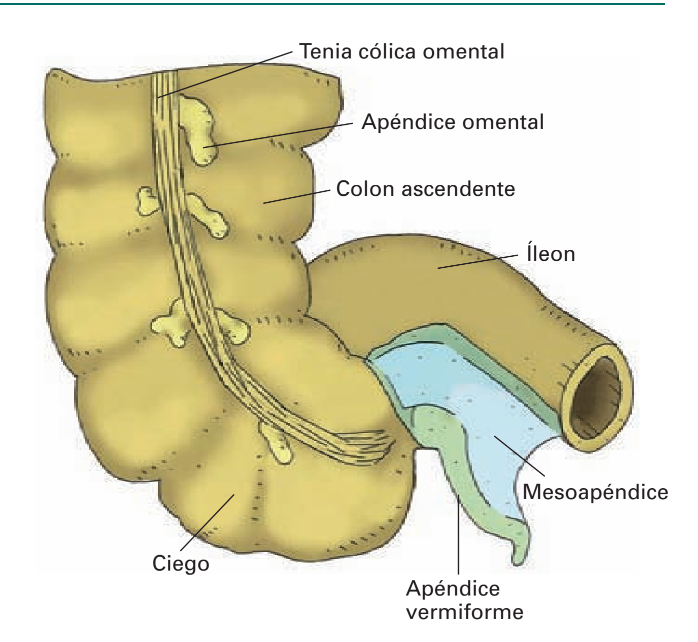


Figura 8-65. Visión anterior del ciego y del apéndice vermiforme. El peritoneo no ha sido representado con excepción del mesoapéndice.

CIEGO Y APÉNDICE VERMIFORME

El ciego

El **ciego** (Figs. 8-65 y 8-66) es la porción inicial del intestino grueso. Tiene forma de saco abierto por arriba, en continuidad con el colon ascendente; el límite de separación es una línea horizontal que pase por encima de la desembocadura del íleon.

Está *situado* en la porción inferior y derecha del **espacio inframesocólico**, delante de los músculos ilíaco y psoas, y por detrás de la pared abdominal anterior.

Se *proyecta,* generalmente, en la fosa ilíaca derecha, por encima del ligamento inguinal. El omento mayor y las asas intestinales pueden interponerse entre el ciego y la pared abdominal. En ocasiones, sobre todo en los niños, puede ocupar una posición más alta y proyectarse en la región lumbar derecha, y en otros casos puede descender en dirección hacia la pelvis.

Por su vertiente izquierda, y en la parte alta, recibe, oblicuamente, la terminación del íleon, la cual forma con el ciego el **ángulo ileocecal**. El íleon parece invaginarse parcialmente en el ciego, por lo que el **orificio ileal** (Fig. 8-66) tiene forma de hendidura delimitada por dos pliegues que conforman un dispositivo valvular, la **válvula ileocecal** (*válvula de Bauhin*)[32]. Son dos pliegues, superior e inferior, que dibujan unos labios unidos en los extremos por dos frenillos mucosos que se pierden en la pared cecal. Los labios de la válvula están formados por mucosa y musculatura lisa circular en continuidad con la del íleon.

La *válvula de Bauhin* evita el reflujo de material fecal hacia el íleon, pero, en realidad, ella misma ejerce poco papel esfinteriano. La distensión del ciego al entrar el *quimo* digerido provoca la tensión de los frenillos, en virtud de la cual los labios valvulares se aplican entre sí para cerrar el orificio. En realidad, el esfínter eficaz es la fibra lisa

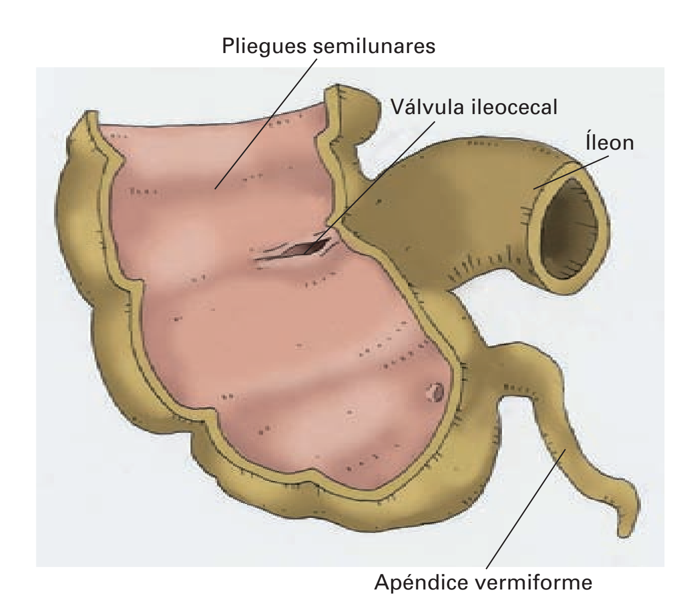


Figura 8-66. Ciego abierto para mostrar la válvula ileocecal.

[30] Tenia, del latín *taenia*, y éste del griego *tainia* = cinta.

[31] Haustra, plural de la palabra latina *haustrum*, término que puede deberse a la comparación con los cangilones o recipientes de una noria que gira con el agua.

[32] Caspar Bauhin (1560-1624), anatomista y botánico suizo, profesor de la Universidad de Basilea. Clasificó más de 6000 especies de plantas.

de la parte terminal del íleon que, al contraerse, impide el reflujo intestinal.

El *reflejo gastroileal* es un mecanismo importante de apertura de la válvula. La entrada de alimento en el estómago provoca un reflejo que moviliza el intestino delgado y abre la válvula.

Peritoneo del ciego

En la mayoría de los casos, el ciego es **intraperitoneal**, y muy móvil, y se puede levantar. A pesar de ser intraperitoneal carece de meso; este papel es desempeñado, en cierto modo, por dos repliegues peritoneales, uno lateral y otro medial, que unen la cara posterior del ciego al peritoneo parietal posterior que tapiza la pared ilíaca. Se forma así detrás del ciego, entre el peritoneo visceral que lo cubre, el peritoneo parietal posterior por detrás y los repligues peritoneales a los lados, un fondo de saco peritoneal, el **receso retrocecal**, donde se puede introducir, desde abajo, un dedo, y en el que con frecuencia se ubica el apéndice vermiforme.

En algunas ocasiones, el ciego es, igual que el colon ascendente, un órgano retroperitoneal.

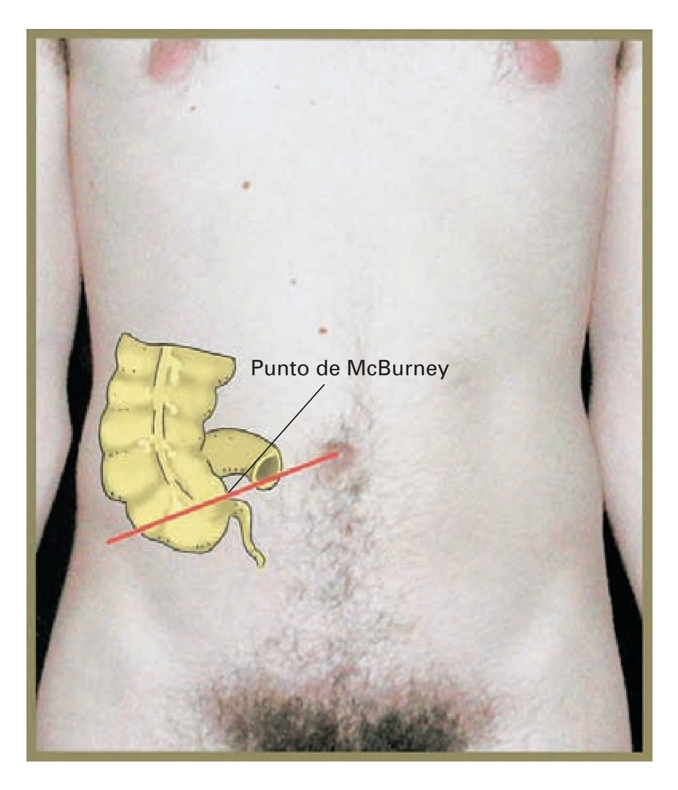


Figura 8-67. Proyección del ciego y del apéndice vermiforme sobre la fosa ilíaca derecha. La línea roja une el ombligo con la espina ilíaca anterosuperior; sobre su punto medio se proyecta la base del apéndice.

Apéndice vermiforme

El **apéndice vermiforme**[33] es un pequeño y estrecho divertículo, normalmente flexuoso, que se implanta en la vertiente izquierda del ciego por debajo del ángulo ileocecal (Figs. 8-65; 8-66 y 8-67).

Ha sido considerado un órgano vestigial en razón de su menor tamaño en comparación con el de algunos mamíferos, especialmente el del conejo, en el cual la celulosa es descompuesta por acción bacteriana. Sin embargo, observaciones recientes en primates contradicen esta idea. El apéndice no existe en los prosimios ni en los monos del Nuevo Mundo, pero comienza a desarrollarse en los monos del Viejo Mundo y está completamente desarrollado en los monos antropomorfos. Los datos apuntan a que es un órgano en progreso en los primates.

El apéndice es un órgano linfoide con funciones inmunitarias; está más desarrollado en los niños y tiende a atrofiarse y a enriquecerse en tejido conjuntivo con la edad. Su extremo ciego es libre y su base de implantación es la zona de origen de las tenias cólicas. Localizar la tenia omental en el colon ascendente, y seguirla hacia abajo, es un buen sistema para encontrar el apéndice cuando éste no aparece fácilmente. Mide entre 5 y 10 cm pero puede ser mucho más largo (hay referencias de 23 cm).

El apéndice es **intraperitoneal**. Su cubierta de peritoneo visceral está unida al íleon y al ciego por el **mesoapéndice**. Éste es en realidad, una dependencia del mesenterio que, a nivel del angulo ileocecal, después de revestir al íleon terminal, se continúa hacia el apéndice para envolverle. Tiene forma triangular y un borde libre por el que discurren los vasos apendiculares. El mesoapéndice puede no desarrollarse hasta la punta del apéndice y, en ocasiones, puede no tener borde libre configuración de éste al peritoneo parietal posterior de la fosa ilíaca derecha (apéndice de meso fijo). En la mujer, en algunos casos, puede encontrarse una unión entre el mesoapéndice y el ligamento ancho.

Proyección del apéndice (Fig. 8-67): dadas las frecuentes alteraciones de este pequeño órgano, el conocimiento preciso de su proyección en la superficie abdominal es de gran interés para una exploración correcta. El órgano, como veremos, puede tener diversas posiciones, mientras que su base de implantación, cuando el ciego está en una posición normal, es bastante estable. Clásicamente, se dice que el apéndice se proyecta en la superficie abdominal sobre el *punto de McBurney*[34], localizado en el punto medio de una línea imaginaria que une el ombligo con la espina ilíaca anterosuperior derecha.

[33] El nombre de vermiforme se debe a su parecido con una lombriz, del latín *vermis* = gusano.

[34] Charles McBurney (1845-1913), cirujano norteamericano.

Estructura

La misma que el intestino grueso pero con una gran riqueza de folículos linfoides en la submucosa y en la lámina propia.

Posición del apéndice (Fig. 8-68). El apéndice puede ocupar distintas posiciones, de frecuencia muy variable, pero todas ellas importantes de conocer para realizar con seguridad una apendicectomía. *a*) Posición *descendente o pélvica*, que es la posición de descripción clásica del apéndice. Este cuelga por la cara interna del ciego y su punta se dirige hacia el estrecho superior de la pelvis. *b*) Posición *subcecal*, bajo el ciego, con la punta hacia fuera. *c*) Posición *retrocecal*; el apéndice se coloca detrás del ciego, en el receso retrocecal, con la punta hacia arriba; es una situación «oculta» y muy importante para tener presente; si el ciego es retroperitoneal, también lo será el apéndice. *d*) Posiciones *internas*, en las que el apéndice se dirige hacia dentro, hacia las asas intestinales, bajo el íleon y paralelo a él o cruzando su terminación por delante o por detrás.

Diferencias poblacionales y de criterios de clasificación motivan que no se puedan aceptar como válidas cifras exactas de porcentajes sobre la frecuencia de las distintas posiciones. En algunas series, la posición más frecuente es la retrocecal, y, en otras, la descendente. Lo importante es que **todas ellas deben estar en la mente del cirujano** y que las posiciones internas son las más raras.

Apendicitis. La apendicitis es la inflamación aguda del apéndice; es una de las afecciones abdominales más frecuentes y, casi siempre, requiere cirugía (**apendicectomía**). Es más frecuente en los jóvenes. Suele acontecer porque la luz apendicular se bloquea por un «fecalito» o por una hiperplasia del tejido linfoide de su pared. En estas circunstancias, las bacterias intestinales proliferan y se hacen patógenas.

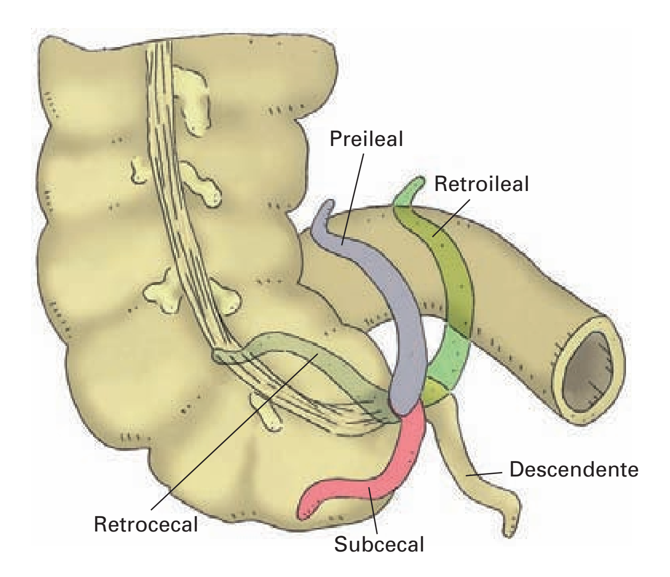


Figura 8-68. Posiciones del apéndice vermiforme.

Es frecuente que comience con un dolor difuso en la región periumbilical que poco a poco se va fijando en la fosa ilíaca derecha. El dolor se incrementa con los movimientos y la tos, por lo que el paciente tiende a estar en decúbito supino y quieto. Puede haber fiebre, náuseas y vómitos. La fosa ilíaca derecha es muy sensible a la palpación y, en especial, el *punto de McBurney*. La pared muscular está rígida (*vientre en tabla*) como una respuesta refleja defensiva frente a la irritación peritoneal. De seguir su evolución, en el plazo de 12 a 72 horas el apéndice puede gangrenarse y perforarse dando lugar a una peritonitis generalizada.

COLON

El colon ascendente

El **colon ascendente** (Fig. 8-64) continúa el ciego; se extiende desde el ciego al ángulo cólico derecho siguiendo un trayecto ascendente ligeramente oblicuo hacia atrás, de modo que su parte más alta es más profunda.

Se *sitúa* a la derecha del espacio abdominal, generalmente en posición **retroperitoneal**. La *fascia de Toldt* lo separa, por detrás, de la pared abdominal posterior y los órganos retroperitoneales primarios; por fuera y por delante tiene la pared del abdomen (véase espacio Retroperitoneal). En ocasiones, el colon ascendente está completamente envuelto por peritoneo y unido por un corto meso vertical al peritoneo parietal posterior. Se *proyecta* en el vacío derecho.

Ángulo cólico derecho

El **ángulo cólico derecho** (*ángulo hepático*) es la unión acodada entre el colon ascendente y el colon transverso (Fig. 8-64). Dado el acercamiento de la parte alta del colon ascendente a la pared posterior del abdomen, el ángulo suele estar abierto hacia delante y hacia dentro para continuarse con el colon transverso. Generalmente es **retroperitoneal**. Se *sitúa* bajo el lóbulo derecho del hígado, donde marca una ligera impresión, y delante del riñón derecho. Se *proyecta* sobre el vacío derecho y el hipocondrio derecho.

Colon transverso

El **colon transverso** (Figs. 8-52 y 8-64)se extiende desde el ángulo cólico derecho al ángulo cólico izquierdo donde se continúa con el colon descendente. Cruza, pues, el abdomen, situándose en el límite entre el espacio inframesocólico y el espacio supramesocólico. Se *sitúa* debajo del hígado y del estómago, delante de los órganos retroperitoneales y por detrás del omento mayor, que lo separa de la

pared abdominal. La posición es muy variable, dada su movilidad, y, además, depende de factores constitucionales y funcionales tales como la posición del sujeto, el período digestivo, etc. Suele considerarse que se *proyecta* sobre la parte alta de la región umbilical, pero su parte central puede descender, dibujando una «U», hasta la región hipogástrica.

El colon transverso es **intraperitoneal** y está unido al peritoneo parietal posterior por el **mesocolon transverso**. Este pliegue es muy corto pero muy ancho en las cercanías del ángulo hepático, por lo que esta zona inicial está más fija a la pared posterior. En el resto de su extensión, el mesocolon transverso es más largo y confiere gran movilidad al órgano que sujeta.

Ángulo cólico izquierdo

El **ángulo cólico izquierdo** (*ángulo esplénico*) es la unión entre el colon transverso y el colon descendente (Figs. 8-52 y 8-64). Tiene una posición más elevada que el ángulo hepático y es mucho más agudo; debido a la disposición de las vísceras vecinas, el extremo del colon transverso se coloca por delante del inicio del colon descendente. Se *sitúa* por debajo del bazo, insinuándose en el espacio comprendido entre la curvatura mayor del estómago a la derecha, el diafragma por delante y a la izquierda, y el riñón izquierdo por detrás. A través del diafragma se *proyecta* sobre el hipocondrio izquierdo, alcanzando por arriba hasta la octava costilla.

Está unido al diafragma por el **ligamento frenocólico izquierdo** que discurre bajo el bazo.

Colon descendente

El **colon descendente** (Fig. 8-64) tiene un trayecto paralelo al colon ascendente, pero es casi el doble de largo que éste y más estrecho. Se extiende desde el ángulo esplénico hasta el estrecho superior de la pelvis, donde se continúa con el colon sigmoide. El límite entre ambos lo establece el comportamiento del peritoneo, ya que el colon descendente es un órgano generalmente **retroperitoneal** y bastante fijo, mientras que el colon sigmoide es intraperitoneal y muy móvil. A partir de la cresta ilíaca, se inclina algo hacia dentro por la disposición del músculo psoasilíaco, que está detrás. Esta última parte es denominada por algunos como colon ilíaco. El colon descendente está *situado* en el lado izquierdo del abdomen, y se *proyecta* en el hipocondrio izquierdo, el vacío lumbar izquierdo y la fosa ilíaca izquierda. Se palpa bien a través de la pared abdominal si no se interponen las asas intestinales.

El colon descendente está cubierto por peritoneo por delante y a los lados; por detrás, *la fascia de Toldt* izquierda lo separa de la pared abdominal posterior y de los órganos retroperitoneales primarios. En ocasiones es intraperitoneal.

Colon sigmoide

El **colon sigmoide**[35] se extiende desde el colon descendente, a nivel del borde interno del psoas izquierdo, hasta el recto, con el que se continúa a la altura de la tercera vértebra sacra (Fig. 8-64). De longitud variable, tiene por término medio unos 30 a 40 cm y presenta un aspecto muy contorneado. Su forma y disposición son, también, muy variables, dependiendo de múltiples factores como su estado de repleción, la motilidad o la repleción de las vísceras vecinas, especialmente de la vejiga. En la mujer, el embarazo desplaza hacia arriba el colon sigmoide.

El colon sigmoide es **intraperitoneal**, y se *sitúa* normalmente en la parte más baja del **espacio inframesocólico**, a caballo entre la pelvis mayor y menor. Está apoyado sobre los órganos pélvicos como la vejiga, el recto o el útero. Se *proyecta* en el hipogastrio. Tiene gran motilidad por disponer de un meso que lo une al peritoneo parietal posterior, el **mesocolon sigmoide**.

Diverticulosis. En cualquier parte del colon pueden aparecer divertículos, pero éstos son mucho más frecuentes en el colon sigmoide. Son herniaciones pequeñas de la mucosa en forma de saco a través de la capa muscular. La mayoría son asintomáticos y en ocasiones sangran provocando hemorragia por el recto o se inflaman (**diverticulitis**). La diverticulitis es un trastorno grave, ya que los divertículos tienden a perforarse extendiendo la infección al periotoneo o contaminándolo de contenido fecal.

Estructura del intestino grueso (ciego y colon)

Al igual que el intestino delgado, está formado por cuatro capas superpuestas: serosa, muscular, submucosa y mucosa.

La **túnica serosa o peritoneo visceral** tiene un comportamiento distinto según el segmento del intestino, como se ha descrito previamente.

La **túnica submucosa** es semejante a la del intestino delgado.

La **túnica muscular** está separada de la serosa por un fino estrato subseroso de tejido conectivo. Consta de un *estrato interno de fibras circulares* y otro *externo de fibras longitudinales*; este último se ordena fundamentalmente en tres cintas longitudinales, las tenias cólicas, si bien entre las tenias hay haces débiles y poco ordenados de fibras

[35] Sigmoide, de la palabra griega *sigmoieides*, en forma de la letra griega sigma= «S»)

longitudinales. En el apéndice, la capa longitudinal es uniforme.

Motilidad del colon. Gracias a estos estratos musculares, el colon realiza dos tipos fundamentales de movimientos: de segmentación y «en masa». Los *movimientos de segmentación* son muy lentos y permiten la mezcla del contenido al tiempo que ayudan a una lenta propulsión del mismo. Consisten en intensas constricciones anulares de la musculatura circular y longitudinal en un sector del tubo intestinal; la porción no contraída se dilata en forma de «saculaciones». Estos movimientos exponen toda la masa del *quimo* a la pared mucosa. Los *movimientos «en masa»,* con ayuda de los anteriores, propulsan el contenido desde el colon transverso hasta el recto (no se producen en el colon ascendente). Tienen una duración de unos 30 segundos y se producen una a tres veces al día. El movimiento en masa es un anillo de constricción que aparece en un punto y se sigue, no de una dilatación distal, sino de una constricción de la pared intestinal en una longitud de aproximadamente 20 cm.

Los movimientos del colon están regulados, fundamentalmente, por los plexos nerviosos de la pared y el sistema nervioso vegetativo. La distensión del estómago y del duodeno provoca los *reflejos gastrocólico y duodenocólico* que movilizan el colon.

La irritación de la pared es otro factor dinamizador, como se compueba en la **colitis ulcerosa**, una enfermedad en la que se inflama la mucosa del colon, quizá porque el organismo genera anticuerpos contra la propia mucosa y aparecen abscesos en las criptas. Las diarreas, desde acuosas a purulentas, son típicas de este proceso.

Uno de los trastornos más comunes del aparato digestivo, y motivo de gran número de consultas médicas, es el «**síndrome del intestino irritable**». En este cuadro clínico, el sistema neuromuscular del colon, que regula su motilidad, es excesivamente sensible al estrés y origina una alteración del ritmo de las deposiciones y dolor abdominal.

El plexo mientérico puede faltar congénitamente provocando una parálisis del colon que suele afectar al colon descendente y sigmoide. En este caso, las heces se acumulan por falta de peritaltismo y la parte proximal a la lesión se dilata enormemente; a esta afección se le denomina **megacolon** o *enfermedad de Hirschprung* y se caracteriza clínicamente porque el niño no defeca y su vientre se dilata progresivamente.

Túnica mucosa. La mucosa que tapiza la **luz intestinal** tiene una coloración pálida, es más gruesa que la del intestino delgado y carece de vellosidades (es lisa). Entre las haustras la pared se hunde, por lo que en la luz se forman los **pliegues semilunares** de dirección transversal con relación al eje mayor del intestino. Los pliegues semilunares no circundan toda la luz, sino que se extienden desde una tenia a otra. Los pliegues están formados por mucosa, submucosa y muscular. Toda la superficie mucosa está acribillada de orificios de desembocadura de glándulas intestinales.

La mucosa consta de un epitelio, una lamina propia conectiva y una muscularis mucosae. El epitelio se hunde continuamente para formar multitud de **glándulas intestinales** tubulares simples que se abren en los orificios mucosos (Fig. 8-69). Epitelio y glándulas tienen los mismos tipos celulares: **células cilíndricas** y **células caliciformes**. Las células cilíndricas se encargan de la reabsorción de agua y de sales, y las células caliciformes segregan moco que protege la pared y conforma las heces.

Sistema inmunitario. En la pared del ciego y del colon se encuentran **células inmunitarias** aisladas en la lámina propia de la mucosa y en la submucosa, y **folículos linfoides** solitarios muy abundantes e irregularmente espaciados. No hay *placas de Peyer*.

Colonoscopia. El interior del intestino grueso se puede observar introduciendo un tubo flexible de fibra de vidrio por el recto, previo vaciamiento de las heces mediante lavado intestinal.

Vascularización

Arterias. El ciego y el colon reciben su irrigación sanguínea por las **arterias mesentéricas superior e inferior**. La



Figura 8-69. Sección de la mucosa del colon donde se observan las glándulas intestinales tubulares simples con gran riqueza de células caliciformes. Tricrómico de Masson. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

arteria mesentérica superior vasculariza el ciego, el apéndice, el colon ascendente, el ángulo cólico derecho y los dos tercios proximales del colon transverso. La arteria mesentérica inferior irriga la parte distal del colon transverso, el ángulo esplénico, el colon descendente y el colon sigmoide. A lo largo del borde interno del marco cólico se dispone el **arco arterial paracólico** (*arteria marginal*) como resultado de la división dicotómica y anastomosis de las ramas de la mesentérica superior (arterias ileocólica, cólica derecha y cólica media) y las de la mesentérica inferior (arterias cólica izquierda y tronco de las sigmoideas). Esta arcada arterial anastomosa las dos grandes vías del intestino. La porción de la arteria marginal que une la arteria cólica media con la arteria cólica izquierda en el espesor del mesocolon transverso es el denominado *arco de Riolano*. La porción que sigue el colon descendente y el sigmoide es la *arteria marginal de Drummond* y la *unión entre las arterias sigmoideas y la arteria rectal superior forma la anastomosis* de Sudeck.

De la arteria marginal parten las **arterias rectas,** las cuales penetran en el intestino, bajo la serosa peritoneal, como arterias terminales. Existen intercomunicaciones en la microcirculación de la pared intestinal con la formación de *plexos vasculares* en la subserosa, la muscular y la submucosa. Hay *anastomosis arteriovenosas*, pero en menor grado que en el intestino delgado.

> A pesar de que estas anastomosis contribuyen a facilitar el riego ante un posible proceso oclusivo, existen zonas de mayor vulnerabilidad, como los territorios de las arterias rectas y las zonas cuya irrigación depende de las colaterales de arterias adyacentes, como son el ángulo esplénico del colon, donde se unen ramas de ambas mesentéricas, o la unión rectosigmoidea. Estos territorios vulnerables son asiento de lesiones arterioescleróticas que provocan un déficit de riego de un sector del colon (**colitis isquémica**).

Venas. El retorno venoso es tributario del sistema porta a través de las **venas mesentéricas superior e inferior.**

Linfáticos. La linfa del ciego y del colon es recogida por tres estaciones ganglionares**: ganglios linfáticos epicólicos**, dispuestos junto a las tenias, **ganglios linfáticos paracólicos**, que siguen el arco vascular paracólico; y **ganglios linfáticos cólicos intermedios**, que siguen el trayecto de las arterias cólicas. El ciego y el apéndice drenan en los **ganglios linfáticos ileocólicos** que acompañan a la arteria ileocólica. Finalmente, la linfa es recogida por los **ganglios linfáticos mesentéricos superiores** e **inferiores**.

Inervación

La mitad derecha del intestino grueso recibe una inervación diferente de la mitad izquierda.

Ciego, colon ascendente y dos tercios proximales del colon transverso. Estas porciones reciben fibras nerviosas mediante el **plexo que rodea la arteria mesentérica superior**, el cual lleva entremezcladas fibras simpáticas y parasimpáticas. Las fibras simpáticas posganglionares proceden de los **ganglios del plexo celíaco**, y, rodeando las arterias correspondientes de esta parte del intestino, llegan a su destino. Las fibras parasimpáticas son preganglionares y proceden del **tronco vagal posterior**. Mediante los plexos perivasculares llegan a la pared intestinal, donde establecen sinapsis con neuronas posganglionares de los plexos entéricos.

Colon transverso (tercio distal), colon descendente y colon sigmoide. El **plexo nervioso que rodea la arteria mesentérica inferior** es la vía para alcanzar estas porciones del intestino. Contiene fibras simpáticas y parasimpáticas. Las fibras simpáticas proceden de los **nervios esplácnicos lumbares** y **del plexo hipogástrico superior**. Las fibras parasimpáticas no son vagales; pertenecen al parasimpático sacro y tienen un trayecto complejo. Las fibras preganglionares se originan en el núcleo parasimpático sacro y por los **nervios esplácnicos pélvicos** alcanzan el **plexo hipogástrico inferior**, el cual atraviesan sin establecer sinapsis y se incorporan en sentido recurrente a los nervios hipogástricos para llegar al **plexo mesentérico inferior**; en la pared intestinal establecen sinapsis con neuronas posganglionares de los plexos entéricos.

El simpático ejerce un papel vasoconstrictor; el parasimpático estimula la musculatura lisa y la actividad glandular. Ambos sistemas regulan la actividad de los plexos entéricos, los cuales, igual que en otras partes del tubo digestivo, tienen gran independencia funcional.

RECTO

El **recto**[36] es la porción terminal del intestino grueso; se extiende desde el colon sigmoide, a nivel de la tercera vértebra sacra, hasta el ano. Se considera el origen del recto el punto donde el colon sigmoide deja de estar desprovisto de meso.

El estudio separado del recto del resto del intestino grueso se justifica no sólo en razón de sus peculiaridades anatómicas y de su ubicación en la pelvis, sino porque su patología ha dado lugar a una especialización médica en desarrollo, la *proctología*.

Situación

El recto ocupa la parte posterior del **compartimento visceral de la pelvis** y atraviesa el **periné posterior** para salir al exterior. En la pelvis se sitúa delante del sacro y del cóccix, y por detrás de los órganos genitales y la vejiga.

[36] En los animales cuadrúpedos es un órgano recto, de donde se ha tomado su nombre, sin embargo, en el ser humano presenta algunas curvaturas en sentido anteroposterior y lateral.

Forma (Fig. 8-70)

El recto tiene una longitud aproximada de 16 cm. Su superficie exterior es bastante uniforme, pues carece de haustras, de tenias y de apéndices omentales. En su origen, en la unión rectosigmoidea, el recto está muy angulado con respecto al colon sigmoide, lo que contribuye a formar una barrera transitoria para el paso de las heces.

En sentido anteroposterior se observa que el recto tiene una primera curvatura cóncava hacia delante acoplada a la concavidad del sacro y del cóccix (**curvatura sacra**); unos 3 cm por delante y por debajo de la punta del cóccix el recto se acoda casi 90° hacia abajo y hacia atrás (**curvatura perinea**l). Esta segunda curvatura viene determinada por la cincha muscular que forma el músculo puborrectal en torno al recto. Las dos curvaturas definen dos porciones del recto: la **porción pelviana o recto pelviano** y la **porción perineal o conducto anal**[37]. La unión entre ambas es el **anillo anorrectal**, una porción estrecha formada por la contracción tónica del mencionado músculo puborrectal. El recto pelviano mide unos 12 cm y el conducto anal, entre 3 y 4 cm.

En sentido lateral, el recto pelviano describe algunas curvaturas muy ligeras, poco marcadas y variables. Algunos autores sistematizan tres curvaturas: superior, media e inferior. La superior y la inferior son ligeramente convexas hacia la derecha y la media, hacia la izquierda.

La porción pelviana del recto está ensanchada en su parte inferior formando la **ampolla rectal**; el conducto anal, cuando está vacío, está cerrado por la contracción de sus esfínteres.

[37] Algunas escuelas anatómicas consideran la porción pelviana como el recto propiamente dicho y el conducto anal como una estructura diferente del recto.

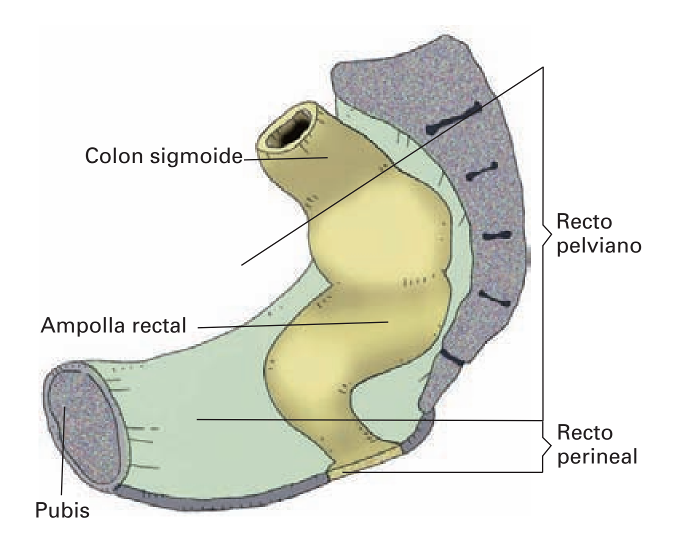


Figura 8-70. Situación y configuración general del recto. Visión lateral.

Peritoneo rectal

Los dos tercios superiores del recto pelviano están tapizados por delante por peritoneo parietal posterior, por lo que, en sentido estricto, parte del recto es **retroperitoneal**. En la parte más alta también está tapizado a los lados por el peritoneo como consecuencia del tránsito de éste hacia la raíz del mesocolon sigmoide. Tras tapizar el recto, el peritoneo se refleja hacia delante para formar el **fondo de saco de Douglas (rectovesical o rectouterino)** y hacia los lados, a la pared pelviana, formando las **fosas pararrectales**. Debido a la reflexión del peritoneo, el tercio inferior del recto pelviano se trasforma en **infraperitoneal** y, careciendo de contención serosa, se ensancha formando la mencionada ampolla rectal, la cual está normalmente vacía, llenándose y distendiéndose aún más durante la defecación.

Mediante un **tacto rectal** (maniobra consistente en introducir el dedo índice en el interior del recto) se puede explorar el interior y, a través de su pared, las vísceras vecinas (vagina, cuello uterino, próstata y vesículas seminales). Del mismo modo se puede palpar la parte inferior del fondo de saco de Douglas que se sitúa a unos 7 ó 7.5 cm del ano (el tamaño aproximado del dedo explorador); de este modo el médico puede conocer si hay irritación peritoneal, por ejemplo, por una apendicitis, o si hay sangre a consecuencia, por ejemplo, de un embarazo ectópico.

Relaciones (se describen con el Compartimento pélvico)

Estructura

El recto tiene cuatro capas: serosa peritoneal o adventicia conectiva, muscular, submucosa y mucosa (Fig. 8-71).

Mucosa rectal. Configuración interior

La mucosa del recto tiene un aspecto muy distinto en la porción pélvica o en el conducto anal.

Recto pelviano. La mucosa tiene las características comunes del intestino grueso: *epitelio cilíndrico* con glándulas intestinales, *lámina propia* y *muscularis mucosae*. Es de coloración rosácea, algo más rojiza en su parte superior. Se observan en ella los **pliegues transversales** (*válvulas rectales de Houston*). Tienen forma semilunar y un tamaño variable aunque normalmente ocupan sólo un tercio de la circunferencia. Suelen ser tres (superior, medio e inferior), pero puede haber uno o cuatro. El más constante es el **pliegue medio** (*válvula de Kohlrausch*) en el lado derecho; delimita por arriba la ampolla rectal y con ella tropieza el

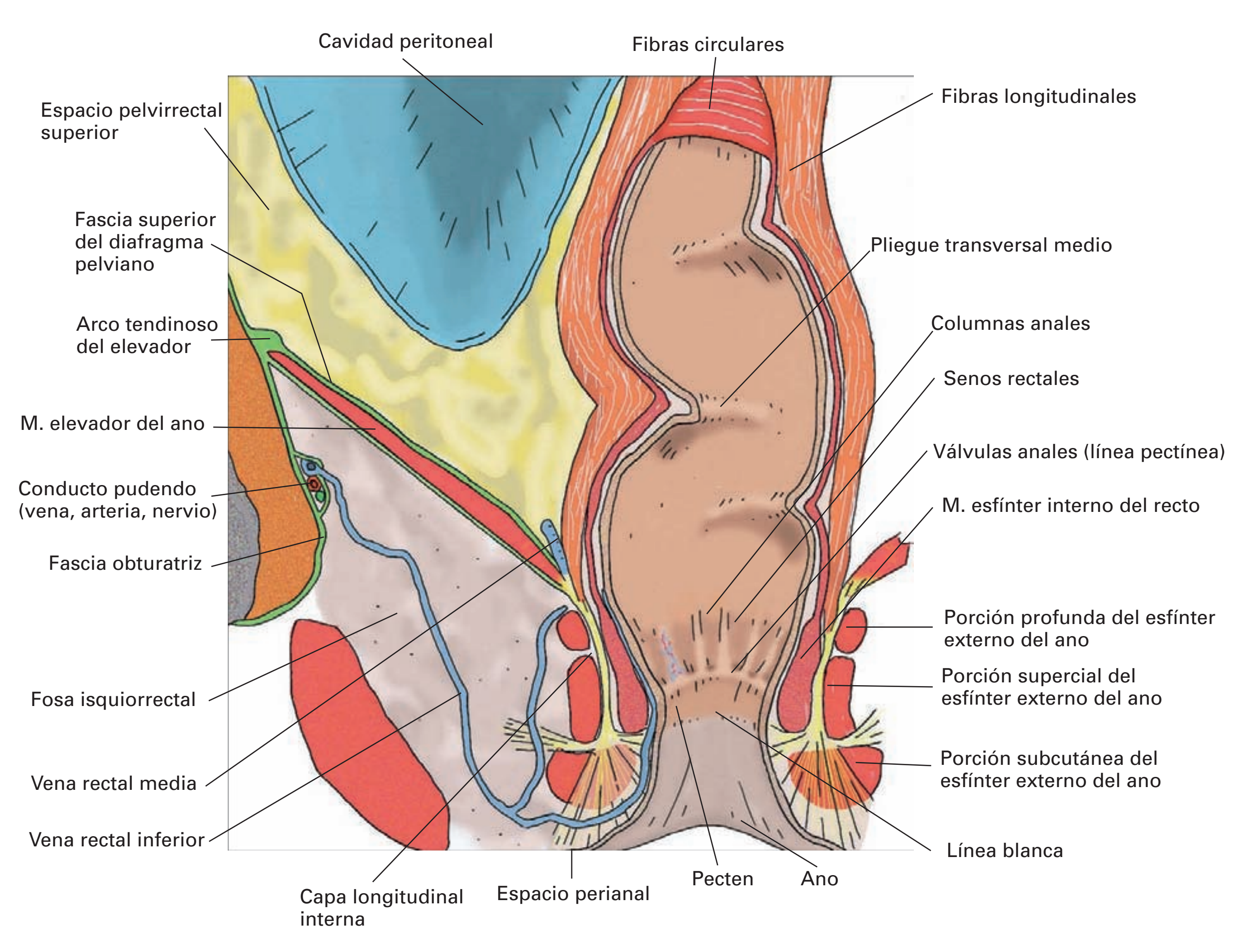


Figura 8-71. Sección frontal del recto para mostrar su estructura y configuración interna.

dedo que realiza un tacto rectal o una cánula que se introduzca para aplicar un enema. Los pliegues transversales son permenentes y están formados por mucosa, submucosa y el estrato de fibras circulares lisas.

> Los pliegues son una buena zona para tomar biopsias (muestras de tejido) en el curso de una rectoscopia y analizar las características de la lesión, por ejemplo, en el caso de una sospecha de cáncer de recto. La **rectoscopia** es un procedimiento esencial en la exploración del recto. Consiste en introducir un tubo rígido (rectoscopio) por el ano con el paciente generalmente en posición de apoyo sobre las rodillas y los codos, o en decúbito lateral.

Conducto anal. La mucosa del conducto anal es de transición entre la mucosa de la porción pelviana y la piel. No tiene aspecto ni estructura uniforme. Aproximadamente en su mitad superior hay de seis a diez pliegues longitudinales, las **columnas anales** (*columnas de Morgagni)* separadas por los **senos rectales**. Las columnas son elevaciones producidas por las terminaciones de las arterias rectales superiores y, sobre todo, por las venas rectales superiores que forman, a este nivel, el plexo hemorroidal interno de la capa submucosa. La dilatación congestiva de estos complejos vasculares origina las hemorroides internas. La estructura vascular de estas columnas contribuye al cierre hermético del conducto anal, impidiendo, incluso, la salida de gases. Los extremos inferiores de las columnas se unen entre sí mediante pequeños repliegues transversales, las **válvulas anales** *(válvulas semilunares de Morgagni*), que limitan con la pared rectal unas pequeñas fositas en el extremo inferior de los senos rectales. Con la edad, las columnas y las válvulas tienden a atrofiarse. Una línea transversal que pase por encima de las columnas anales (**línea anorrectal**) es el límite interno entre el recto pelviano y el conducto anal y corresponde al mencionado anillo anorrectal.

En el interior del conducto anal se pueden señalar dos líneas de referencia, la línea pectínea y la línea blanca, que delimitan tres sectores diferentes. La **línea pectínea** pasa

por las válvulas anales, a unos 2 cm por encima del ano. Se considera el sitio de implantación de la membrana anal embrionaria y, por tanto, la divisoria entre la porción endodérmica del recto derivada de la cloaca y la porción ectodérmica derivada del proctodeo. Además, la línea pectínea tiene gran interés porque es la frontera divisoria entre los territorios de inervación, irrigación arterial, drenaje venoso y linfático del recto (véase más adelante). El espacio comprendido entre la línea anorrectal y la línea pectínea es la **zona hemorroidal**, que corresponde a las columnas anales; a este nivel la mucosa tiene un color azul cerúleo (por las venas) y el epitelio es cilíndrico o plano estratificado. En esta zona, en los senos rectales, se encuentran orificios de desembocadura de las **glándulas anales**, ramificadas y grandes, que invaden la submucosa y, muy frecuentemente, atraviesan el esfínter interno llegando al espacio interesfinteriano.

Estas glándulas pueden infectarse para ser una de las causas más frecuentes de **abscesos rectales**, que tienden a propagarse por los espacios conectivos perirrectales.

Cerca del orificio anal, a unos 15 mm de la línea pectínea, se encuentra la **línea blanca** (*línea de Hilton*), que corresponde al surco interesfinteriano. Entre la línea pectínea y la línea blanca se encuentra la **zona de transición o pecten**, donde el epitelio es escamoso estratificado; la mucosa es de color azul blanquecino y lisa, y carece de pelos y de glándulas. Debajo de la línea blanca queda una **zona cutánea** de unos 5 mm constituida por piel con glándulas sebáceas y sudoríparas.

En estos sectores inferiores del conducto anal puede producirse la **fisura anal**, una rasgadura muy dolorosa, generalmente en la parte posterior, provocada por un estiramiento del conducto con pérdida de elasticidad a causa de traumatismos originados por diversas causas, como heces duras, tensión del esfínter o coito anal, entre otras.

La **submucosa** de la porción pelviana es común a la del resto del intestino grueso, la del conducto anal contiene los **plexos venosos hemorroidales**. A nivel de la zona pectínea es muy firme y densa formando unas adherencias entre la mucosa y el esfinter denominadas *ligamentos de Parks*, los cuales dividen los plexos venosos hemorroidales en internos y subcutaneos (véase más adelante). Por abajo se continúa con el espacio perianal y, a su través, con la grasa de la fosa isquiorrectal, de la que está separada por los tabiques de la fascia perianal. El *espacio perianal* comprendido entre la piel y el esfinter estriado está tabicado por las fibras inferiores de la capa longitudinal conjunta y atravesado profusamente por venas.

Los tabiques delimitan compartimentos cerrados que se someten a tensión en caso de colecciones de pus provocando un dolor muy vivo (abscesos perianales).

Musculatura rectal

La musculatura del recto es compleja. Está formada por fibras lisas que, a nivel del conducto anal, tienen caracter esfinteriano y se refuerzan por un músculo estriado, el esfinter externo del ano.

Músculo esfínter externo del ano (Figs. 5-39; 5-40; 8-71). Es un manguito de musculatura estriada que pertenece al periné anal. Rodea los dos tercios inferiores del conducto anal por fuera del esfinter interno, del que sobresale por abajo (surco interesfinteriano). Consta de tres partes: *subcutánea, superficial y profunda*. Las porciones subcutánea y profunda son dos gruesos anillos musculares que rodean el conducto anal sin realizar ninguna inserción ósea. La porción subcutánea sobresale por debajo del esfinter interno y rodea la salida del canal por debajo de la línea blanca. La porción profunda es la más superior y se fusiona con fibras del **músculo puborrectal**, el cual forma una parte fundamental del dispositivo esfinteriano del recto. Entre ambas queda la porción superficial, de forma elíptica; rodea el conducto anal insertándose, por detrás, en el cóccix mediante el rafe anococcígeo y, por delante del recto, en el centro tendinoso del periné.

La **capa muscular lisa** consta de un estrato interno circular y un estrato externo longitudinal.

Las *fibras circulares* continúan las del colon; en los dos tercios superiores del conducto anal están engrosadas y reforzadas para formar el **esfinter interno del recto**, de carácter involuntario. Su borde inferior, duro, es palpable en el tacto rectal, correspondiendo con el *surco interesfinteriano* entre este músculo y la porción subcutánea del esfinter externo del ano.

Las *fibras longitudinales* forman un estrato uniforme que es continuación de las tenias cólicas. A la altura de la unión anorrectal se refuerzan por fibras estriadas del músculo elevador del ano y constituyen la *capa longitudinal conjunta*, que desciende entre los dos esfínteres por el *espacio interesfinteriano*, transformándose progresivamente en fibroelástica. El comportamiento de este estrato es de gran interés en la localización y evolución de los abscesos rectales. Estas fibras se van «deshilachando» en tres direcciones: hacia fuera, abajo y adentro. Las *fibras externas (fascia perianal*) atraviesan el esfínter estriado entre la porción subcutánea y superficial en dirección al tejido conectivo de la fosa isquiorrectal. Las *fibras inferiores* atraviesan el fascículo subcutáneo del esfínter y se fijan en la piel de la zona anal contribuyendo a su aspecto plegado. Estas fibras forman tabiques que tabican el *espacio perianal* comprendido entre la piel y el esfínter estriado; las *fibras*

internas (septum anal intermuscular) pasan bajo el esfínter interno hacia la submucosa de la zona de transición del conducto anal.

Los esfínteres del ano mantienen una contracción tónica que cierra la luz del conducto anal. A este cierre contribuye también de forma decisiva la acción del músculo puborrectal que tira de la unión anorrectal hacia delante y hacia arriba. Se relajan durante la defecación.

Dinámica del recto: la defecación

Por el recto se evacúan diariamente entre 250 y 750 mL de heces. En condiciones de reposo, el recto está vacío y el conducto anal cerrado herméticamente por la contracción tónica de los esfínteres, el músculo puborrectal y la aposición de los complejos vasculares de las columnas anales.

La defecación sucede en tres fases:

a) El paso de las heces a la porción pelviana del recto como consecuencia de los movimientos en masa del colon distal.

b) La llegada de heces provoca la distensión de la pared estimulando receptores de presión de la ampolla rectal. Esta distensión origina, por vía nerviosa, tres efectos: la sensación de defecación (tenesmo rectal), la inhibición refleja del esfínter interno y contracción del resto de musculatura lisa que permite el paso de parte de heces a la parte alta del conducto anal, y la contracción intensa del dispositivo esfinteriano estriado. La presencia de heces en la parte alta del conducto anal permite a los receptores de la mucosa discriminar la naturaleza de las heces (gases, sólido y líquido).

c) Cuando las condiciones sociales son adecuadas (mecanismo socialmente aprendido) se provoca la expulsión por el ano mediante la relajación voluntaria del esfínter estriado del ano y el aumento de la presión abdominal (por contracción del diafragma y de los músculos de la pared abdominal).

La defecación está regulada por el sistema nervioso vegetativo (plexo mientérico y nervios parasimpáticos) y por el sistema nervioso central.

Ano contra natura. En casos de cáncer rectal, la resección quirúrgica del tumor y del recto obliga a practicar un ano artificial; éste consiste en abocar el extremo distal sano del intestino a un orificio practicado en la piel del abdomen (ano abdominal). Las heces salen a una bolsa hermética desechable sin control voluntario alguno, bajo el ritmo marcado por la motilidad intestinal.

Si el conducto anal no ha podido conservarse, el ano artificial tendrá carácter definitivo. En ocasiones, el conducto anal puede reconstruirse o conservarse y, entonces, el ano artificial será transitorio; tras la curación, se procede a unir el extremo distal sano del intestino con el conducto anal y a cerrar el orificio practicado en el abdomen.

Adventicia rectal. La zona del recto desprovista de peritoneo (toda la superficie posterior, los dos tercios laterales inferiores y la mitad inferior de la superficie anterior) está rodeada de una capa de tejido conectivo, la **adventicia rectal**, de difícil definición. El tejido conectivo que rodea el recto en unas zonas es muy laxo y en otras se condensa formando tabiques conectivos (**fascias rectales**) que ejercen un papel de sostén y de láminas portavasos y portanervios). Estas fascias rectales y los espacios que delimitan se describen con el espacio pélvico.

Vascularización

Arterias. El recto recibe sangre por la arteria **rectal superior** (rama terminal de la arteria mesentérica inferior), las arterias **rectales medias** (ramas de la arteria ilíaca interna) y las arterias **rectales inferiores** (ramas de la arteria pudenda interna).

La arteria rectal superior se divide en dos ramas que descienden por los lados del recto, atraviesan la muscular y la submucosa, y alcanzan las columnas anales, donde forman *plexos* que mediante *anastomosis arteriovenosas* comunican con los plexos venosos formando los *complejos vasculares hemorroidales internos*, rodeados de tejido conectivo fibroelástico. La rectal superior vasculariza el recto por encima de la línea pectínea.

Las arterias rectales medias contribuyen a vascularizar la región de la ampolla rectal, especialmente la capa muscular.

Las arterias rectales inferiores irrigan los esfínteres y la porción anal por debajo de la línea pectínea.

Las arterias rectales se anastomosan entre sí en el espesor de la pared. La arteria rectal superior se anastomosa con la última de las arterias sigmoideas (*anastomosis de Senac*).

Se ha dado cierto valor a esta anastomosis, pues una ligadura de la rectal superior por encima de esta anastomosis, no afecta al riego del recto; por el contrario, la ligadura de la rectal por debajo de la anastomosis afecta a vascularización, pues la oclusión de esta arteria no puede compensarse con las otras arterias rectales.

La arteria **sacra media** contribuye, mediante finos ramos, a irrigar parte de la cara posterior del recto.

Venas. El recto drena la sangre en la vena porta y en la vena cava inferior mediante las venas rectales.

La sangre del **recto pelviano** es drenada por las **venas rectales superiores** tributarias de la vena mesentérica inferior del sistema porta. La región de la ampolla rectal es drenada por las **venas rectales medias** tributarias de la vena ilíaca interna (sistema cava).

La sangre del **conducto anal** es recogida a partir del **plexo venoso hemorroidal** de la submucosa. El plexo hemorroidal tiene dos partes: una, el **plexo interno**, situado en la zona hemorroidal, y otra, el **plexo subcutáneo** o

externo, situado por debajo de la línea pectínea y en el espacio perianal. El plexo interno recoge sangre por encima de la línea pectínea y drena a la vena rectal superior y, por tanto, en el sistema porta. El plexo subcutaneo drena la sangre de la región situada por debajo de la línea pectínea a las venas rectales inferiores tributarias de la pudenda interna, rama de la ilíaca interna.

> Las dilataciones varicosas de estos plexos son las **hemorroides**. Pueden ser **internas** si afectan al plexo hemorroidal interno o **externas** si afectan al plexo subcutáneo. Las hemorroides internas están recubiertas de mucosa, producen una sensación de plenitud rectal y un goteo de sangre roja. Las hemorroides externas están recubiertas de piel y tienden a formar coágulos de sangre en su interior (trombosis), lo que ocasiona un intenso dolor debido a la fina inervación sensitiva de esta región y a los tabiques conectivos que les encierran.

Por fuera de la capa muscular del conducto anal hay un **plexo venoso externo**, que recoge sangre de los esfínteres y drena fundamentalmente en las venas rectales medias tributarias de la vena ilíaca interna.

Los plexos venosos del recto son una importante zona de **anastomosis porto-cava**.

> En caso de obstrucción de la circulación portal pueden aparecer hemorroides internas por dilatación varicosa del plexo submucoso.

Linfáticos. El drenaje linfático del recto tiene también el carácter segmentario del riego sanguíneo. La línea pectínea establece dos grandes territorios. Los vasos linfáticos del conducto anal por debajo de la línea pectínea drenan en los **ganglios linfáticos inguinales superficiales**. La linfa del resto del recto es recogida por vasos linfáticos que drenan en ganglios internos: los ganglios ilíacos internos y los ganglios mesentéricos inferiores. Los vasos linfáticos del recto pelviano y de la región suprapectínea del conducto anal drenan siguiendo los vasos rectales superiores en los **ganglios mesentéricos inferiores**; parte de esta linfa, la de la ampolla rectal y la región suprapectínea del conducto anal, es recogida también en los **ganglios ilíacos internos** mediante vasos linfáticos que acompañan a los vasos rectales medios.

> En la pared rectal, por fuera de la muscular, hay algunos pequeños ganglios pararrectales que sirven de estación intermedia y conectan entre sí los colectores de los distintos territorios, por lo que la linfa de la zona infrapectínea puede drenar también a los ganglios internos.
>
> Pueden existir colectores linfáticos que acompañan a la arteria sacra media y desembocan en los ganglios ilíacos comunes; estos vasos recogen linfa de parte de la superficie posterior del recto.

Inervación

La inervación del recto tiene dos territorios distintos. La porción pelviana del recto y la parte superior del conducto anal (por encima de la línea pectínea) tiene inervación simpática y parasimpática; la parte distal del conducto anal tiene inervación somática.

Recto pelviano y porción superior del conducto anal. Las fibras simpáticas preganglionares se originan en los segmentos T10 a L2 de la columna intermedia medular. Las fibras posganglionares llegan al recto por dos vías. Unas fibras se incorporan al **plexo periarterial de la mesentérica inferior** y de las arterias rectales superiores (**plexos rectales superior y medio**); otras proceden del **plexo hipogástrico inferior** (ganglios pélvicos) y se incorporan al **plexo rectal inferior** que acompaña a las arterias rectales medias. Estas fibras son vasomotoras. Las fibras parasimpáticas preganglionares proceden del **núcleo parasimpático sacro**, se incorporan a los **nervios esplácnicos pélvicos** y atraviesan el **plexo hipogástrico inferior**; mediante ramos viscerales del **plexo rectal** llegan a los plexos entéricos donde establecen sinapsis con la segunda neurona. Las fibras posganglionares estimulan la musculatura lisa rectal mediante el neurotransmisor acetilcolina e inhiben el esfínter liso del recto por mediación del neurotransmisor VIP.

Con el trayecto de las fibras parasimpáticas viajan fibras aferentes sensitivas que recogen información sobre el grado de distensión de la ampolla rectal.

Porción distal del conducto anal. Esta parte del conducto anal, derivada del ectodermo, está inervada por los **nervios rectales superiores**, ramas del plexo pudendo. Los nervios rectales superiores inervan el esfínter estriado del recto, la mucosa anal y la piel perianal. Recogen sensibilidad táctil, térmica y dolorosa.

> En las intervenciones quirúrgicas del recto debe extremarse el cuidado en disecar correctamente estas ramas del plexo pudendo, así como el plexo hipogástrico inferior con el fin de no dañar la actividad del esfínter estriado y de evitar las secuelas es otras funciones, como la micción, la erección y la eyaculación.

HÍGADO

El **hígado**[38] es el órgano más voluminoso del abdomen y desempeña múltiples funciones que implican a todo el organismo: segrega la bilis, es esencial en el metabolismo de

[38] Término posiblemente derivado del bajo latín *ficatum* = hígado de los gansos cebados con higos, manjar muy apreciado por los romanos. En las antiguas civilizaciones mesopotámicas el hígado se utilizada con fines adivinatorios. Consideraban, quizá por su estructura laberíntica, que en el hígado de un animal sacrificado se manifestaba la voluntad divina.

las proteínas, las grasas y los hidratos de carbono, es un reservorio de sangre y es, también, un órgano de defensa frente a agentes tóxicos o microbianos.

En el ser vivo tiene una coloración pardo rojiza; es de consistencia firme pero expansible debido a su riqueza en vasos sanguíneos que pueden almacenar gran cantidad de sangre. Por ello, su peso es variable; normalmente oscila entre 1200 y 1500 g, pero puede llegar a pesar 2 kg. Es friable y puede lacerarse con facilidad en traumatismos provocando graves hemorragias.

El fallo de un órgano tan vital es una de las causas fundamentales de muerte (*insuficiencia hepática*). Además, su participación en múltiples funciones, hacen de él un órgano sensible a muy diversos trastornos. El estudio de las enfermedades del hígado ha adquirido, en los últimos años, una especial relevancia, y constituye una especialidad dentro de las enfermedades del aparato digestivo (**hepatología**).

Entre los signos clínicos característicos de enfermedad hepática se encuentran la **ictericia** y la **hepatomegalia**. La ictericia es el color amarillento de la piel y las mucosas por exceso de bilirrubina en sangre. La hepatomegalia es el aumento del tamaño del hígado.

La inflamación del hígado (**hepatitis**) es un trastorno muy común. La hepatitis aguda de origen vírico constituye una de las enfermedades más frecuentes; en algunas zonas tropicales puede afectar a toda la población.

Desde hace algunos decenios, el hígado puede extirparse en parte y, en la actualidad, puede trasplantarse en su totalidad.

Funciones:

a) El hígado es una glándula que segrega bilis, la cual contiene sales biliares y pigmentos como la bilirribubina. Las sales biliares son vertidas al intestino por las vías biliares y allí emulsionan las grasas de los alimentos. La bilirrubina es el resultado de la degradación de la hemoglobina liberada por los glóbulos rojos muertos.

b) Recibe y procesa el alimento que llega por la vena porta desde el tubo digestivo, lo que hace de él un órgano metabólico por excelencia. 1) Metabolismo de los hidratos de carbono: convierte los hidratos de carbono en grasa, almacena glucosa y glucógeno. 2) Metabolismo de los lípidos: degrada las grasas para aportar energía, forma lipoproteínas y colesterol. 3) Metabolismo de las proteínas: sintetiza las proteínas plasmáticas y desamina los aminoácidos.

c) Función desintocadora de toxinas y fármacos, convierte el amoníaco en urea; el fracaso de esta función provoca el coma hepático.

d) Función inmunitaria: destruye las bacterias que proceden del intestino.

e) Almacén de sangre: por el hígado fluyen 1000 mL/minuto por la vena porta y 300 mL/minuto por la arteria hepática. En el feto es un órgano hematopoyético esencial.

f) Produce casi la mitad de la linfa del organismo.

g) Almacena vitaminas (especialmente A, D y B_{12}) y hierro en forma de ferritina.

Situación (Figs. 8-57; 8-64 y 8-72)

El hígado se sitúa en la parte derecha del **espacio supramesocólico**, por debajo de la cúpula diafragmática y oculto en gran parte por la caja torácica, lo que lo convierte en un *órgano toracoabdominal*. Está rodeado de peritoneo (órgano intraperitoneal) excepto por su parte posterior. Está unido al peritoneo parietal mediante los ligamentos falciforme y coronario, y al peritoneo de órganos vecinos mediante el omento menor. El receso subfrénico lo separa del diafragma.

El hígado se *proyecta* sobre el hipondrio derecho y el epigastrio e invade un poco el hipocondrio izquierdo (Fig. 8-73). La figura hepática puede dibujarse sobre la pared toracoabdominal mediante dos líneas: una superior convexa hacia abajo y otra inferior un poco rectilínea. La línea superior comienza en el 5.º espacio intercostal izquierdo bajo la punta cardíaca y sigue hacia la derecha la proyección de la cúpula diafragmática. La línea inferior coincide con el borde inferior del hígado y une los extremos de la línea superior; de derecha a izquierda es una línea oblicua, algo sinuosa que sigue el reborde costal derecho hasta la línea medioclavicular, luego, se aparta del reborde costal en la zona del ángulo infraesternal, cruza la línea transpilórica y asciende por detrás del reborde costal izquierdo hasta el 5.º espacio intercostal. El sector epigástrico, por encima de la línea transpilórica es accesible a la palpación. En inspiración se desplaza algo hacia abajo.

Hepatomegalia. En muchas enfermedades el hígado está aumentado de tamaño. Pueden ser trastornos que tienen su origen en el propio hígado (p. ej., la hepatitis aguda), o en otras partes del cuerpo (insuficiencia cardíaca, enfermedades infecciosas).

La **percusión** y la **palpación** del hígado son exploraciones básicas para el médico. El borde inferior de un hígado normal se palpa ligeramente bajo el reborde costal derecho; en ciertas enfermedades, el hígado puede llegar a palparse hasta en las fosas ilíacas. La palpación del hígado debe hacerse poniendo la mano derecha en el abdomen e ir subiendo y presionando ligeramente en dirección al reborde costal derecho.

El hígado se percute bien, pues su estructura maciza da un sonido mate que se diferencia del sonido claro del pulmón derecho y del sonido timpánico (aire) del intestino. Los límites de la proyección de la silueta hepática marcan el territorio mate a la percusión. En caso de hepatomegalia, el sonido mate interesa a un territorio mayor.

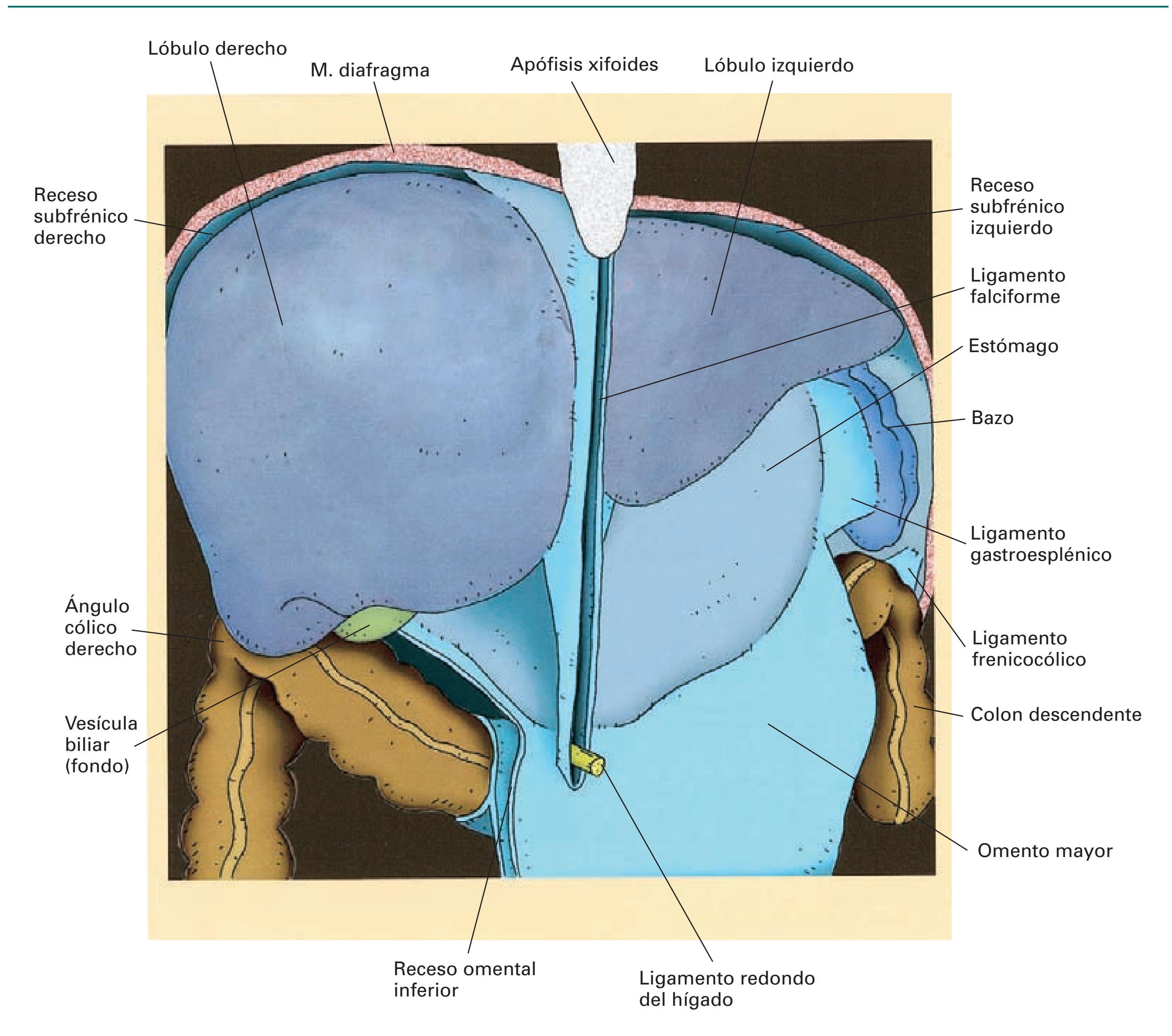


Figura 8-72. Visión anterior de las vísceras del espacio supramesocólico tras abrir la pared abdominal anterior y seccionar el ligamento falciforme.

Forma (Figs. 8-74; 8-75 y 8-76)

Si imaginamos un óvalo de eje mayor transversal con el extremo izquierdo mucho más agudo que el derecho, lo seccionamos por la mitad y nos quedamos con la mitad superior, tendremos una idea aproximada de la forma del hígado.

La superficie hepática presenta dos caras, diafragmática y visceral, separadas por un borde inferior.

La **cara superior o diafragmática** es sumamente convexa y está en relación con el diafragma. Se pueden distinguir en ella dos grandes territorios: porción superior y posterior.

La **porción superior** (Fig. 8-74) está separada por el diafragma de los pulmones, las pleuras, el corazón y la pared torácica. Únicamente bajo el ángulo infraesternal, el hígado se pone en contacto con la pared abdominal anterior. En esta cara se encuentra la inserción del ligamento falciforme, un repliegue anteropostrerior que la divide en dos partes; una situada a la derecha, voluminosa, el **lóbulo derecho**, y otra a la izquierda, más estrecha y afilada, **el lóbulo izquierdo**[39]; este último presenta en su parte media una suave huella, la **impresión cardíaca**, marcada por el corazón a través del centro frénico.

La **porción posterior** (Fig. 8-75) es estrecha, irregular, casi vertical y cóncava para adaptarse a la protrusión que en ella hacen los órganos desplazados por la convexidad de la columna vertebral. Esta superficie es ancha hacia la derecha, pero hacia la izquierda se convierte en un borde

---

[39] A efectos de la descripción de la forma del hígado, mantenemos la división clásica en lóbulos basada en su aparente división externa. Más adelante (segmentación) veremos que no se corresponde con la división funcional.

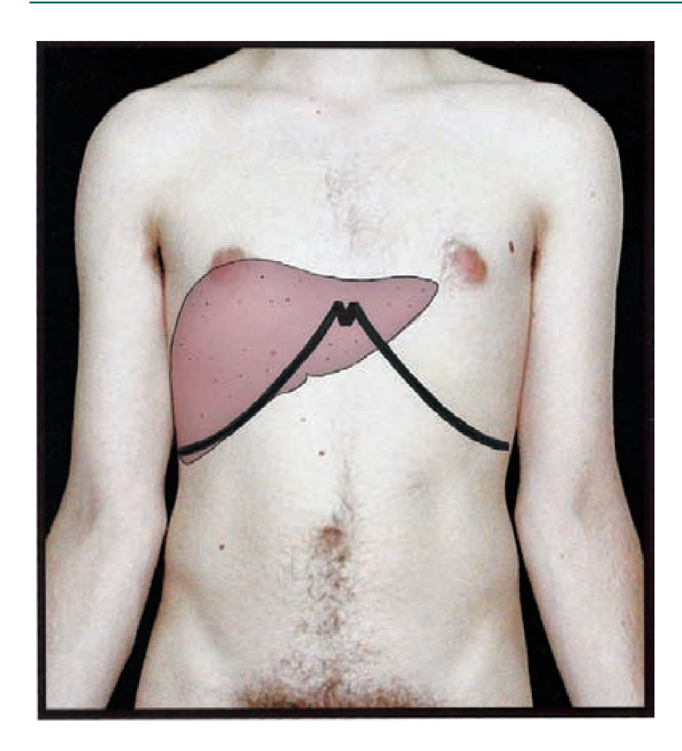


Figura 8-73. Proyección del hígado sobre la superficie del tronco. Durante la inspiración, el hígado se desplaza inferiormente (explicación en el texto).

estrecho. En el límite entre la parte ancha y la estrecha se encuentra el surco que contiene la **vena cava inferior,** muchas veces rodeada de un puente de tejido hepático; el surco está atravesado por las venas hepáticas que llevan la sangre del hígado a la cava. A la izquierda de la vena cava, en la porción estrecha, se encuentran el lóbulo caudado y la fisura del ligamento venoso que se prolongan desde la

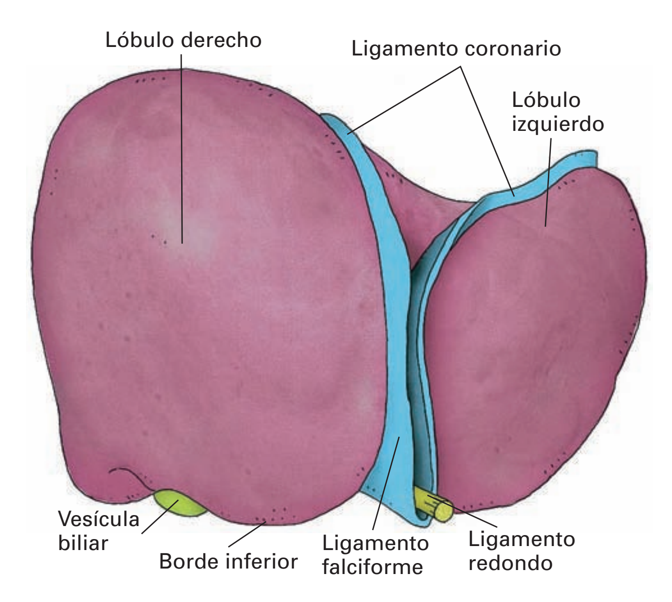


Figura 8-74. Visión superior del hígado con la raíz de los pliegues peritoneales (azul).

cara visceral; finalmente, en la parte más estrecha se observa la **impresión esofágica**, marcada por la porción abdominal del esófago. En la parte ancha, que ocupa gran parte de la superficie posterior, el hígado está muy adherido al diafragma por tejido conectivo y pequeños vasos anastomóticos. La zona próxima a la cava está ligeramente excavada por la glándula suprarrenal (**impresión suprarrenal**). El territorio de la cara posterior, que comprende el surco de la vena cava inferior y la porción ancha situada a su derecha, constituye el **área desnuda** o *pars affixa* del hígado, pues está desprovista de peritoneo y limitada, por arriba y por abajo, por las hojas respectivas del ligamento coronario.

La **cara posteroinferior o visceral** (Fig. 8-76) entra en contacto con varias vísceras abdominales que, en el cadáver fijado, dejan huellas en su superficie. Está orientada hacia abajo, hacia atrás y algo hacia la izquierda. En su parte media aparecen un conjunto de surcos que dibujan una «H»: dos surcos anteroposteriores unidos por un surco transversal.

La rama transversal es el **hilio hepático**, una fisura profunda por donde entran o salen del hígado los elementos que forman el pedículo hepático: las ramas terminales de la vena porta, la arteria hepática propia, los conductos hepáticos derecho e izquierdo, el plexo nervioso hepático y conductos linfáticos que drenan en los ganglios hepáticos. El hilio está rodeado por la inserción del borde libre del omento menor.

La rama anteroposterior derecha es un surco ancho con dos partes, una anterior, **la fosa cística**, donde se aloja la vesícula biliar, y que generalmente está desprovista de peritoneo y atravesada por pequeños orificios vasculares que comunican la vesícula con los vasos hepáticos; la parte posterior es profunda y corresponde a un surco que aloja la **vena cava inferior**, e invade enseguida, sin límite preciso, la porción posterior del hígado.

La rama anteroposterior izquierda es un surco estrecho y continuo que aloja restos fibrosos de importantes venas del embrión y del feto. La porción anterior es la **fisura del ligamento redondo** ocupada por este ligamento, un vestigio conectivo de la vena umbilical. El **ligamento redondo** alcanza el hígado por el ligamento falciforme procedente del ombligo y termina en la rama izquierda de la vena porta a nivel del hilio. La porción posterior es la **fisura del ligamento venoso** que aloja al **ligamento venoso**, un vestigio conectivo obliterado del **conducto venoso** (*conducto de Arancio*) del feto; este ligamento venoso se extiende desde la rama izquierda de la vena porta hasta la vena hepática izquierda, afluente de la cava inferior. En el feto se continúa con la vena umbilical y lleva sangre oxigenada de la placenta hasta la cava inferior. La fisura está comprendida por la inserción del omento menor.

La «H» hepática divide la cara visceral en cuatro sectores que se corresponden con los lóbulos anatómicos del hígado: lóbulo derecho, a la derecha del surco anteroposterior derecho; lóbulo izquierdo, a la izquierda del surco anteroposterior izquierdo; **lóbulo cuadrado**, por delante

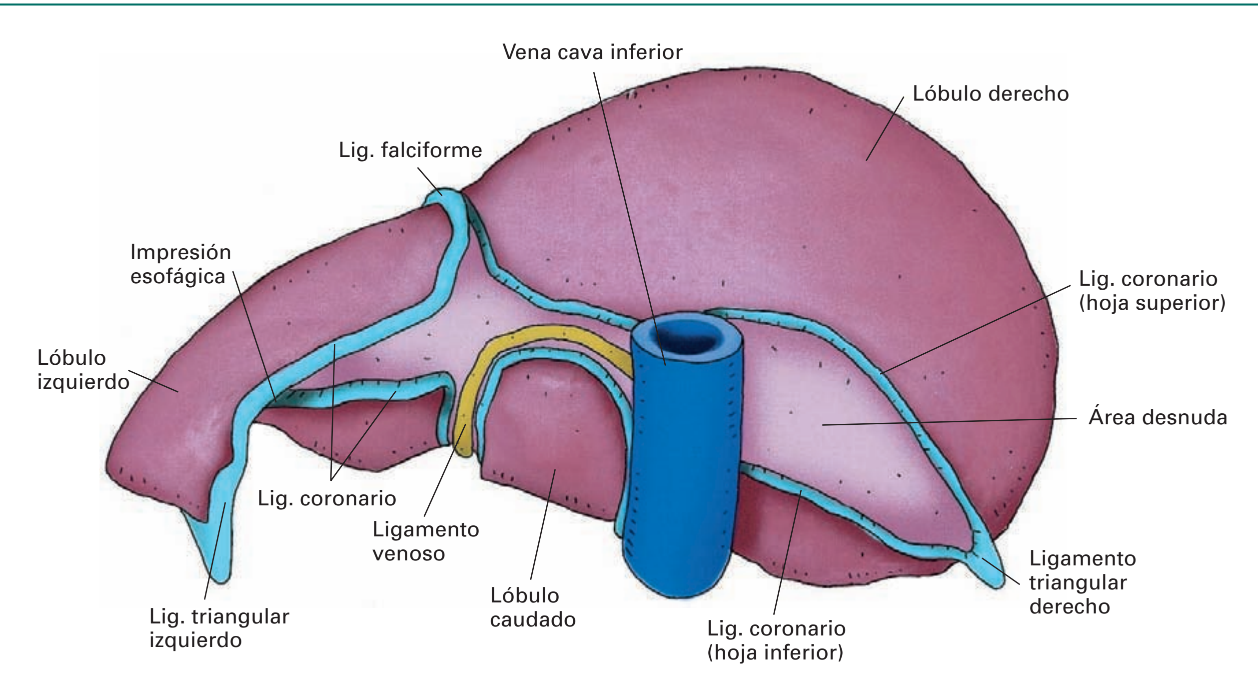


Figura 8-75. Visión posterior del hígado con la raíz de los pliegues peritoneales (azul).

del hilio hepático, entre la fosa cística y la fisura del ligamento redondo, y **lóbulo caudado** (*lóbulo de Spiegel*)[40], por detrás del hilio, entre la fisura del ligamento venoso y la vena cava inferior. El lóbulo caudado tiene, en su parte anterior, dos relieves que contribuyen a delimitar el hilio hepático: un relieve izquierdo, el **proceso papilar**, y un relieve derecho que conecta este lóbulo con el derecho por detrás de la porta, el **proceso caudado**.

Las vísceras que se relacionan con el hígado (véase Topografía del espacio supramesocólico) dejan huella en la

[40] Adrian van der Spieghel (1578-1625), anatomista flamenco.

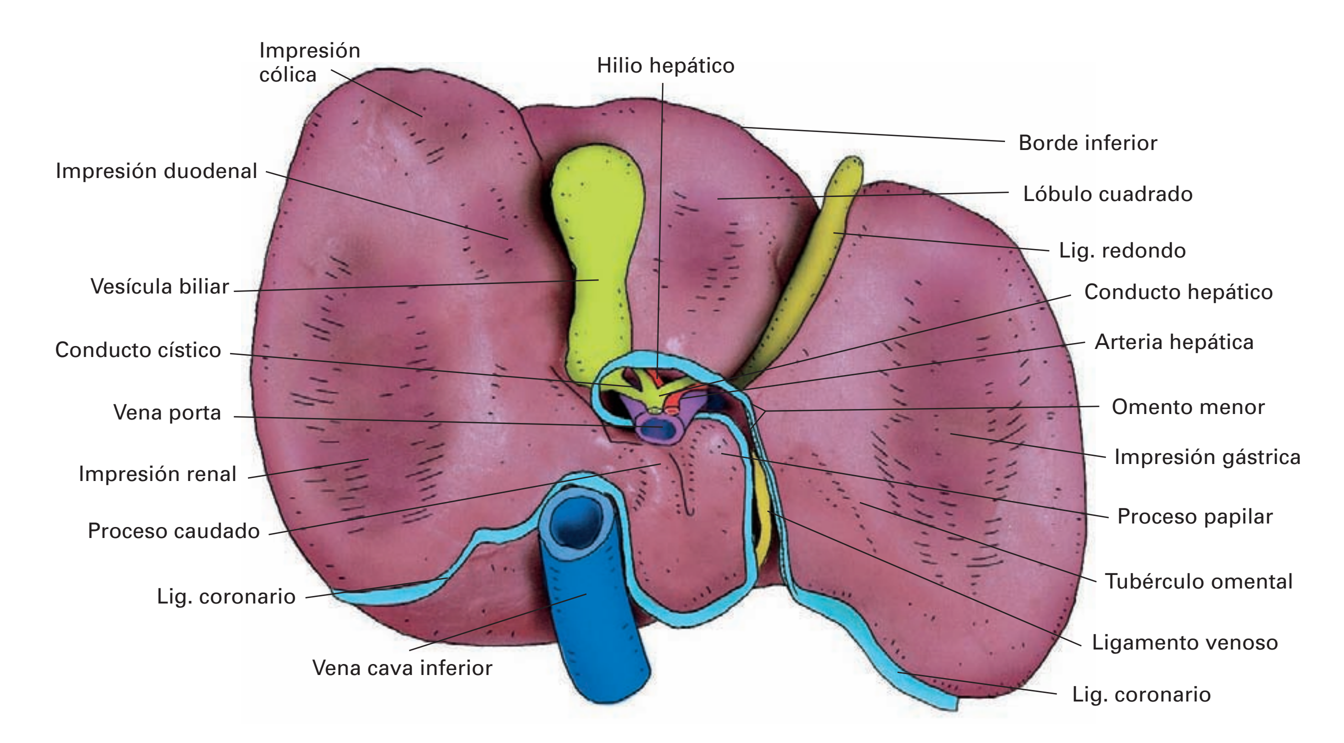


Figura 8-76. Visión inferior del hígado (cara visceral) con la raíz de los pliegues peritoneales (azul).

superficie visceral del órgano. En el lóbulo izquierdo se observa la **impresión gástrica** moldeada por el fondo y el cuerpo del estómago, y, en la proximidad del ligamento venoso, aparece el **tubérculo omental**. En el lóbulo derecho se aprecian tres impresiones: una anterior, en relación con el ángulo hepático del colon (**impresión cólica**), una posterior (**impresión renal**), originada por el riñón derecho, y una medial, pequeña, junto a la vesícula biliar, producida por el duodeno (**impresión duodenal**).

El **borde inferior** (*borde anterior*), muy agudo, separa las caras diafragmática y visceral. Su proyección en la pared abdominal coincide con la línea inferior de la figura hepática que hemos descrito. Se distinguen dos escotaduras, una en relación con el extremo anterior de la fosa cística y otra, la **escotadura del ligamento redondo** marcada por el paso de este ligamento desde el ombligo a la superficie visceral del hígado.

Peritoneo hepático

El hígado es un órgano **intraperitoneal**. El peritoneo visceral que lo tapiza está en continuidad con formaciones vecinas mediante tres pliegues peritoneales (Figs. 8-74; 8-75 y 8-76). Los **ligamentos falciforme** y **coronario** lo unen al peritoneo parietal y el **omento menor**, al peritoneo visceral del estómago. La disposición de estos pliegues se estudia con el espacio supramesocólico.

Relaciones (véase espacio Supramesocólico)

Estructura (Fig. 8-77)

La superficie del hígado está revestida, bajo el peritoneo, por la cápsula fibrosa subperitoneal (*cápsula de Glisson*[41]), que penetra por el hilio hepático rodeando las ramificaciones portales, arteriales y biliares. Está muy inervada por el sistema simpático.

La definición de la unidad funcional básica del hígado es, desde hace muchos años, un debate histórico. Según el criterio que se adopte se pueden distinguir diferentes unidades: **lobulillo hepático** (concepto clásico), **lobulillo portal** y **acino hepático**.

Describiremos sucintamente el **lobulillo hepático**.

El número de lobulillos oscila entre 50 000 a 100 000; son estructuras aproximadamente hexagonales de 1-2 mm de diámetro. En algunas especies, como el cerdo, están muy bien delimitados por tabiques conectivos vascularizados; en el ser humano los límites son imprecisos.

Cada lobulillo consta de elementos vasculares, células hepáticas y células del sistema retículoendotelial organizadas de la siguiente forma: hay una **vena central** (intralobulillar) que recoge la sangre venosa y la vacía en las venas hepáticas, en torno a la cual se forma el lobulillo.

De la vena central irradian hacia la periferia los **sinusoides hepáticos**, unos espacios capilares que reciben la sangre de las ramificaciones de la vena porta y de la arteria hepática. Estas ramificaciones vasculares se denominan interlobulillares por encontrarse en el límite entre los lóbulos; en estos **espacios interlobulillares**, infiltrados en mayor o menor grado por tejido conectivo, se encuentran también los conductos biliares interlobulillares.

Los sinusoides hepáticos están limitados por dos tipos de células: **células endoteliales** típicas y células del sistema reticuloendotelial (*células de Kupffer).* Estas últimas son células macrofágicas que fagocitan bacterias y sustancias extrañas. Entre las células endoteliales hay poros que permiten el paso de macromoléculas; además, carecen de membrana basal.

Entre los sinusoides se disponen las **placas hepáticas**, conjuntos formados por hileras de **hepatocitos o células hepáticas, los canalículos biliares y los espacios perisinusoidales.**

Cada hilera de **hepatocitos** irradia desde la vena central a la periferia del lobulillo. Entre dos hileras se forma el **canalículo biliar** al que los hepatocitos segregan un líquido denominado bilis hepática. Los canalículos biliares drenan en los canales interlobulillares y éstos progresivamente en canales biliares segmentarios y, finalmente, en los conductos hepáticos derecho e izquierdo. Los hepatocitos son, además, las células donde se realizan los procesos metabólicos.

Los hepatocitos tienen gran capacidad de **regeneración**, probablemente bajo el estímulo de factores de crecimiento no bien identificados. En algunos casos de daño hepático o cuando se extirpa parte del hígado, los hepatocitos experimentan múltiples divisiones y son capaces de restablecer el tamaño del hígado.

La destrucción de hepatocitos y su sustitución por tejido conectivo caracterizan una de las lesiones hepáticas más comunes y graves, la **cirrosis**. Las causas más comunes son el alcoholismo y las hepatitis. El hígado se torna duro, a veces disminuye de tamaño y pueden aparecer nódulos en su superficie. La cirrosis es junto con los trastornos cardiovasculares y el cáncer, una de las causas más frecuentes de muerte en poblaciones adultas.

Al otro lado de las columnas de hepatocitos, entre éstos y los sinusoides, se forma un espacio tisular denominado **espacio perisinusoidal** (*espacio de Disse*). Es una zona de intercambio entre la sangre y la célula hepática. En el espacio se ha descrito una red fibrilar conectiva cuyo papel funcional podría ser el de mantener abiertos los sinusoides; hay también fibroblastos. Los espacios de Disse dre-

[41] Francis Glisson (1597-1677) médico y anatomista inglés, profesor de la Universidad de Cambridge.

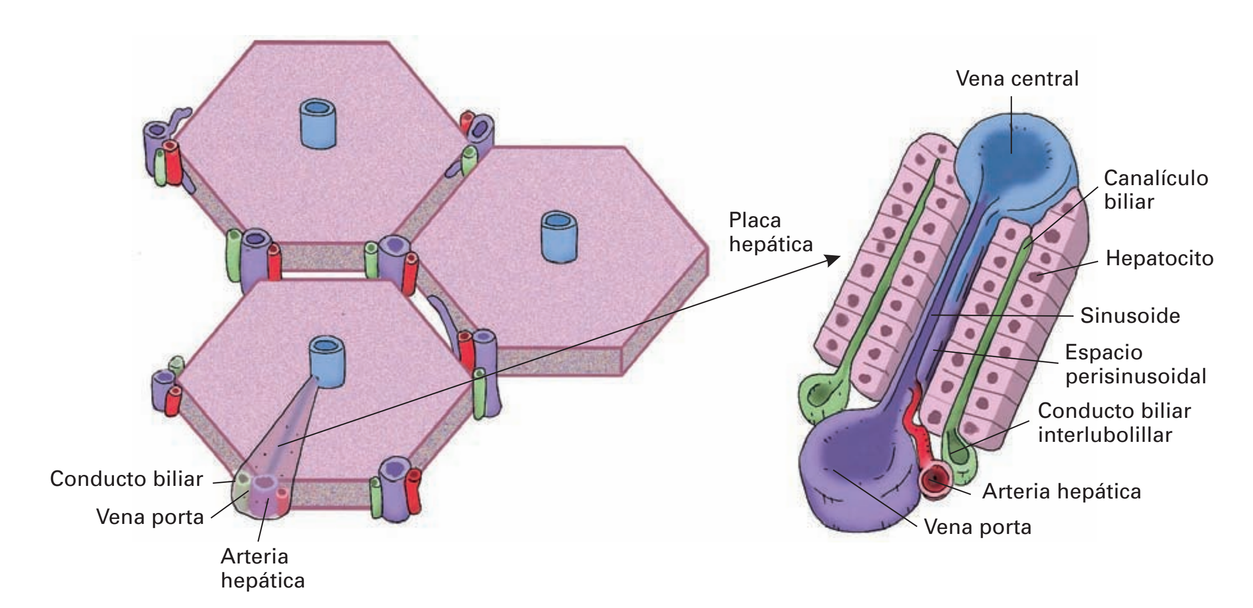


Figura 8-77. Estructura del hígado. Derecha, disposición de tres lobulillos hepáticos separados por los espacios interlobulillares. Izquierda, detalle de la placa hepática.

nan en terminales linfáticos que se abren a los conductillos linfáticos interlobulillares.

Cada una de las esquinas del lobulillo donde confluyen los espacios interlobulillares vecinos se denomina **espacio porta**.

Otras definiciones de unidad hepática:

a) El **lobulillo portal** es un conjunto formado por partes de lobulillos hepáticos vecinos. Es el espacio que rodea un espacio porta y está limitado por la unión imaginaria de tres venas centrales adyacentes. La sangre circula hacia la periferia (los ángulos del triángulo) y la bilis hacia el centro.

b) El **acino hepático** es un concepto complejo que sirve para dar explicación a diferencias en las lesiones hepáticas. De forma ovoidea o rómbica, comprende partes de los lobulillos hepáticos. Los extremos del eje mayor del rombo son dos venas centrales, los del eje menor, dos espacios porta, y el centro del acino es un espacio interlobulillar.

Vascularización

Aferencias vasculares. El hígado tiene un doble aporte de sangre, por la arteria hepática propia y por la vena porta.

La **arteria hepática propia** (rama del tronco celíaco) lleva al hígado el 30% del flujo sanguíneo; es sangre oxigenada. En el hilio hepático se divide en **hepática derecha**, que vasculariza la porción derecha del hígado (véase Compartimentos hepáticos), y **hepática izquierda**, que irriga el resto del órgano. Las ramas de la hepática son *terminales* y nutren territorios independientes (segmentos) mediante **arterias segmentarias hepáticas** (véase más adelante). Dentro del hígado, las arterias discurren junto a la vena porta y los conductos biliares envueltos en una trama de tejido conectivo que es prolongación de la cápsula de Glisson a nivel del hilio hepático.

Las variaciones de la arteria hepática son muy importantes en cirugía (véase Tronco celíaco).

La **vena porta** transporta el 70 % del flujo de sangre hepática. Es sangre venosa que conduce al hígado el alimento absorbido en el tubo digestivo. En la parte posterior del hilio se divide en una **rama derecha y otra izquierda** que se distribuyen en el interior del hígado del mismo modo que las arterias, con carácter *terminal* y **segmentario**.

La sangre de la porta y de la hepática confluyen en los sinusoides hepáticos y de allí es conducida a la vena central de los lobulillos.

Eferencias vasculares. Drenaje venoso. La sangre sale del hígado a la vena cava inferior mediante las **venas hepáticas**. El sistema venoso hepático comienza en la **vena centrolobulillar**, donde han drenado los sinusoides. Las venas centrales de los lobulillos confluyen en *venas sublobulillares* que van convergiendo en *venas colectoras* más voluminosas. Finalmente, la sangre sale por dos grupos venosos, uno superior y otro inferior. El *grupo superior* está formado por tres **venas hepáticas: derecha, media e izquierda**, que salen por la cara posterior del hígado en el surco de la cava (la vena hepática media puede fusionarse a una de las otras antes de salir del hígado). El *grupo inferior* está formado por 10-20 pequeñas venas hepáticas. Ambos grupos acaban en la vena cava inferior.

Drenaje linfático. La mayor parte de la linfa se forma en los espacios perisinusoidales de los lobulillos y es drenada a conductillos linfáticos interlobulillares. Los vasos linfáticos que se van formando pueden ser superficiales y pro-

fundos. Los vasos superficiales transitan por la cápsula fibrosa subperitoneal y los vasos profundos siguen las ramificaciones portales o de las venas hepáticas. Gran parte de la linfa superficial y profunda acaba drenando en **los ganglios linfáticos hepáticos** del pedículo. Otra corriente linfática (la superficial procedente de la porción posterior y la que acompaña a las venas hepáticas) sale por el área desnuda, atraviesa el diafragma y llega a los **ganglios frénicos** y **mediastínicos posteriores**, en la proximidad de la vena cava inferior. Algunos vasos linfáticos de la parte anterior del hígado siguen el ligamento falciforme y llegan a los **ganglios linfáticos paraesternales**. La zona paraesofágica del lóbulo izquierdo drena linfa en los **ganglios gástricos izquierdos**.

Compartimentos hepáticos. Segmentos (Fig. 8-78)

Las divisiones anatómicas clásicas de los lóbulos hepáticos no se corresponden con las unidades funcionales y quirúrgicas que se establecen en el interior del órgano.

Concepto de segmento hepático. Las ramas intrahepáticas de la vena porta y de la arteria hepática tienen una distribución terminal, que se corresponde también con el origen de los conductos biliares. El territorio dependiente de un vaso, arterial o portal, segmentario; es un segmento hepático. Entre los segmentos no hay, como en el pulmón, espacios claros de clivaje, pero al no existir anastomosis intersegmentarias, es posible establecer planos de separación.

Los planos de separación están relacionados con la distribución de las venas hepáticas que, en sus grandes troncos terminales, coincide con los puntos de bifurcación de la porta o de la hepática. Siguiendo estos planos, el hígado se puede compartimentar en porciones, divisiones y segmentos.

Compartimentos. Cada una de las tres venas hepáticas «dibuja» un límite denominado cisura portal por ser la zona de división de las ramas de la porta. La vena hepática media marca la **fisura portal principal** que divide al hígado en derecho (**porción hepática derecha**) e izquierdo (**porción hepática izquierda**). Este límite viene marcado por un plano oblicuo que pasa por la parte media de la fosa cística y del surco de la vena cava inferior y se dirige a la cara diafragmática a la derecha de la inserción del ligamento falciforme. La vena hepática derecha «dibuja» la fisura portal derecha, que divide el hígado derecho en una **división lateral derecha** y otra **división medial derecha**. La vena hepática izquierda «dibuja» la **fisura portal izquierda (fisura umbilical)**, que divide el hígado izquierdo en una **división lateral izquierda** y una **división medial izquierda**; esta fisura coincide en superficie con el surco umbilical (de ahí su nombre) y la inserción hepática del ligamento falciforme.

De acuerdo con esto, los lóbulos anatómicos clásicos no corresponden con las porciones y divisiones hepáticas funcionales y quirúrgicas. El hígado izquierdo corresponde a los lóbulos izquierdo y cuadrado, más la zona del lóbulo derecho próxima al ligamento falciforme. El lóbulo caudado es independiente de las divisiones portales y de los trayectos de las venas hepáticas. El hígado derecho es el resto del órgano.

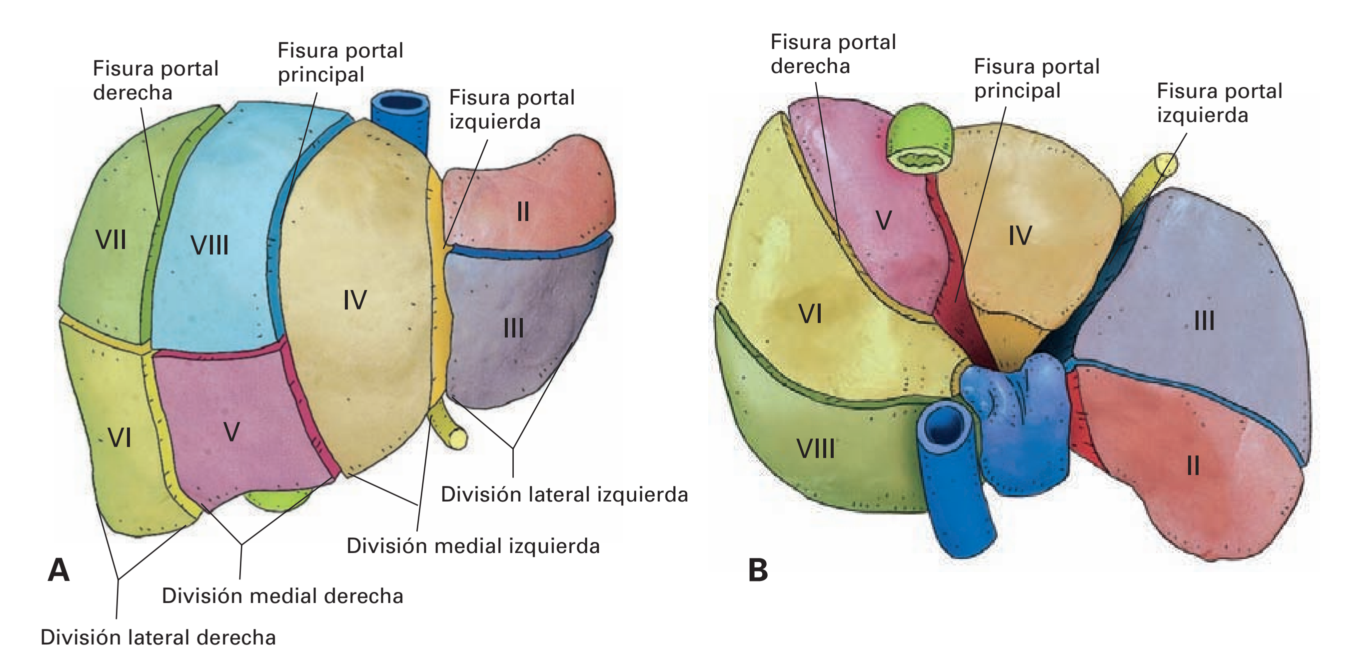


Figura 8-78. Segmentos hepáticos. A) Visión superior. B) Visión inferior. Las tres fisuras portales establecen territorios de divisiones hepáticas que, a su vez, se subdividen en segmentos (explicación en el texto).

Segmentos. Casi todos los sectores o divisiones hepáticas se subdividen finalmente en segmentos por penetración de ramas vasculares terminales segmentarias. Los segmentos se numeran de I a VIII; empiezan en el lóbulo caudado y siguen en sentido de las agujas del reloj.

En el hígado derecho se encuentra lo siguiente: en la división lateral, los **segmentos anterior (VI)** y **posterior (VII)**; en la división medial, los **segmentos anterior (V) y posterior (VIII)**.

En el hígado izquierdo hay: en la división lateral, los **segmentos posterior (II)**, que es la mitad posterior del lóbulo izquierdo, y **anterior (III)**, que corresponde a la mitad anterior del lóbulo izquierdo. La división medial es el **segmento IV**, cuya parte anterior es el lóbulo cuadrado.

El lóbulo caudado es el **segmento I** y recibe ramas de la porta derecha, de la izquierda o de ambas.

Hepatectomías. Las porciones hepáticas derecha o izquierda pueden ser resecadas quirúrgicamente. Si la lesión está muy localizada (hemorragia o tumor), se pueden extirpar uno o varios segmentos (**segmentectomías**). El segmento III es relativamente fácil de extirpar por la accesibilidad de su pedículo vascular.

Inervación

Los nervios llegan al hígado por el **plexo hepático** que rodea la arteria hepática procedente del plexo celíaco. Contiene fibras simpáticas, parasimpáticas y del nervio frénico derecho.

Las fibras simpáticas son posganglionares procedentes de neuronas del plexo celíaco; las fibras parasimpáticas y las fibras del frénico proceden de anastomosis del vago y del nervio frénico derecho con el plexo celíaco.

Los nervios se distribuyen con las ramificaciones vasculares, los conductos biliares y entre los hepatocitos.

VÍAS BILIARES EXTRAHEPÁTICAS

Las **vías biliares** transportan al duodeno la bilis producida por el hígado, al tiempo que la almacenan y modifican. El hígado segrega bilis de forma ininterrumpida. Sin embargo, no se vierte al intestino de forma continua sino que se almacena y concentra en una parte específica de las vías biliares, la **vesícula biliar**. Cuando el alimento llega al duodeno, la bilis entra en el intestino por acción de mecanismos musculares regulados por hormonas y el sistema nervioso vegetativo.

Las vías biliares extrahepáticas (Fig. 8-79) constan de dos partes: *a*) la *vía biliar principal*, formada por el **conducto hepatocolédoco** y sus **ramas de origen**, y, *b*) la *vía biliar accesoria* constituida por la **vesícula biliar** y el **conducto cístico**.

El patrón morfológico más frecuente de las vías biliares no alcanza el 50 %; las variaciones anatómicas son numerosas y muy importantes de conocer para evitar complicaciones cuando se interviene.

Los trastornos de las vías biliares son muy frecuentes. El 10-20 % de algunas poblaciones del mundo presenta problemas de **colelitiasis** (formación de cálculos de colesterol en la vesícula biliar).

Situación

Las vías biliares extrahepáticas se disponen en su mayor parte cubiertas por la cara visceral del hígado, en la parte derecha del **espacio supramesocólico**; la parte final de la vía se encuentra en el **espacio retroperitoneal secundario** por detrás del complejo duodenopancreático.

VÍA BILIAR PRINCIPAL (Fig. 8-79)

Los canalículos biliares intrahepáticos convergen sobre las ramas de origen del conducto hepatocolédoco, los **conductos hepáticos derecho e izquierdo**, los cuales emergen por el hilio hepático. El conducto hepático derecho recoge la bilis de la porción derecha del hígado y el lóbulo caudado y el conducto hepático izquierdo de la porción hepática izquierda y el lóbulo caudado. A nivel del hilio se unen en «Y» por delante de la vena porta para formar el **conducto hepático común**. Éste desciende un poco oblicuo hacia la izquierda, en el borde libre del omento menor, y tras recorrer 3 ó 4 cm recibe por su lado derecho la desembocadura del conducto cístico, tomando, a partir de ese punto, el nombre de **conducto colédoco**.

El colédoco tiene el grosor de un lapicero y normalmente una longitud de 6-8 cm; sigue la dirección del conducto hepático describiendo una ligera curva cóncava hacia la derecha. En su trayecto descendente se distinguen cuatro porciones: supraduodenal, retroduodenal, retropancreática y terminal.

a) *Porción supraduodenal*: el colédoco desciende por el borde libre del omento menor formando parte del pedículo hepático, con la vena porta por detrás y la arteria hepática propia a su izquierda.

b) *Porción retroduodenal*: el colédoco abandona el omento menor y se coloca por detrás de la primera porción del duodeno, a la derecha de la arteria gastroduodenal.

c) *Porción retropancreática*: el colédoco se dispone inmediatamente por detrás de la cabeza del páncreas, en la que excava un canal, y progresivamente se hunde (a veces está enteramente rodeado de tejido pancreático). En este trayecto, el colédoco se aproxima a la parte media de la segunda porción del duodeno y se separa de la vena porta dibujando un espacio triangular (*triángulo interporto-colédoco*).

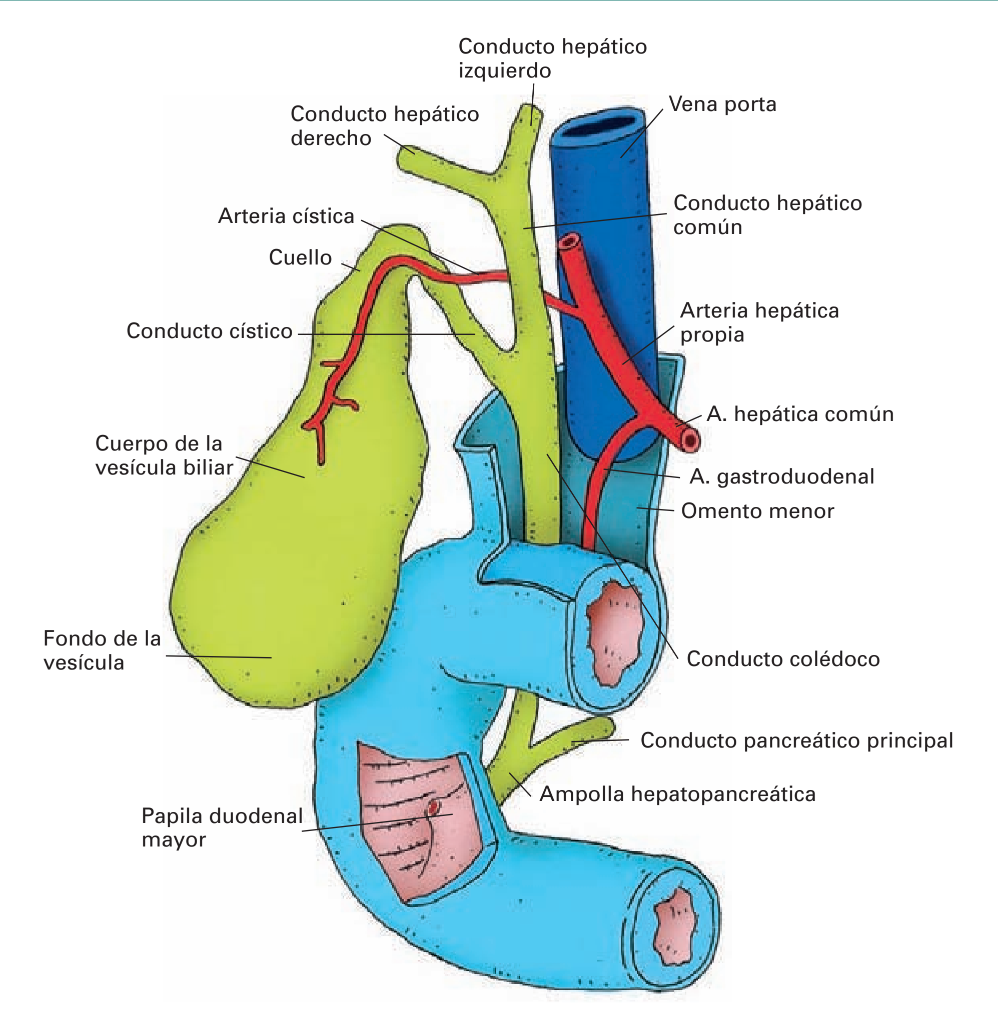


Figura 8-79. Representación esquemática de las vías biliares. El omento menor se ha abierto para mostrar el pedículo hepático que discurre por su borde libre. La segunda porción del duodeno ha sido abierta parcialmente.

d) *Porción terminal*: el colédoco penetra oblicuamente en la pared medial del duodeno y se une con el conducto pancreático principal formando la ampolla hepatopancreática (*ampolla de Vater*)[42] para desembocar conjuntamente en la papila duodenal mayor.

> La íntima relación del conducto colédoco con la cabeza del páncreas explica que un cáncer en esta zona del páncreas comprima la vía biliar e impida el paso de bilis al duodeno. La retención del pigmento bilirrubina produce un exceso de ésta en sangre y aparece ictericia.

Estructura del conducto hepatocolédoco

La vía biliar principal está constituida por dos capas: mucosa y fibromuscular.

La **mucosa** está formada por un *epitelio prismático alto* (cilíndrico) y tiene algunas **glándulas mucosas biliosas** dispersas.

La capa externa **fibromuscular** es rica en fibras colágenas y elásticas, y muy pobre en fibras musculares lisas, que se disponen entremezcladas. No obstante, en la parte terminal del colédoco las fibras musculares lisas se engruesan formando una capa de unos 5 mm de disposición anular o espiroidea, el **músculo esfínter del conducto colédoco** que forma parte del *complejo esfinteriano de Oddi*[43].

VÍA BILIAR ACCESORIA

Vesícula biliar (Figs. 8-57; 8-76; 8-79 y 8-80)

La **vesícula biliar** es una bolsa piriforme, dilatable y contráctil, *situada* en la fosa cística de la cara visceral del híga-

[42] Abraham Vater (1684-1771), médico y anatomista alemán. Profesor de la Universidad de Wüttemberg.

[43] Ruggiero Oddi, anatomista italiano del siglo XIX.

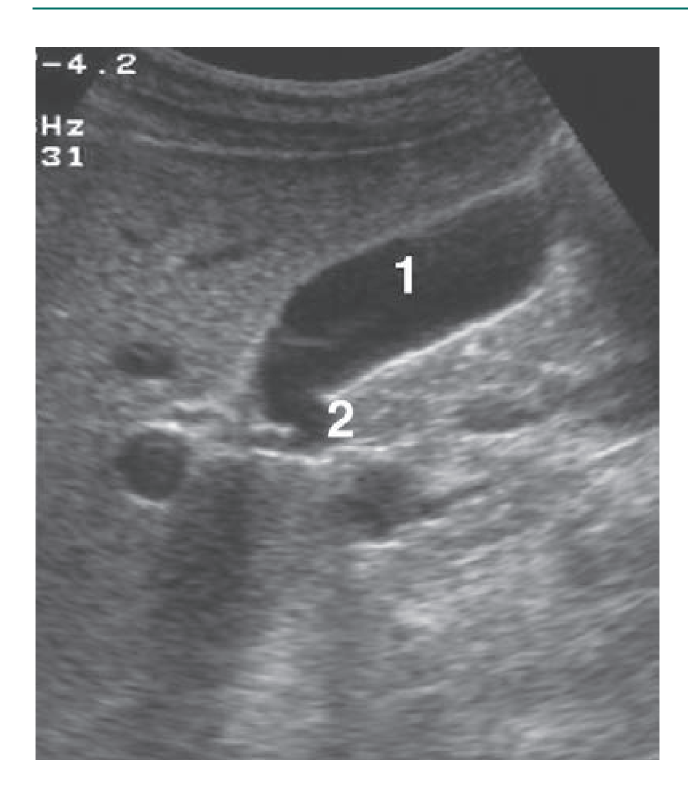


Figura 8-80. Ecografía de vías biliares. 1) Vesícula biliar. 2) Conducto cístico.

do, apoyada sobre el ángulo derecho del cólon y la primera flexura duodenal. Sus delgadas paredes dejan traslucir el color azul verdoso de la bilis. Tiene una longitud de 8-12 cm y una anchura máxima de 5 cm.

Consta de tres *partes*: fondo, cuerpo y cuello.

El **fondo** es la porción redondeada de la vesícula; cuando está repleccionado sobresale un poco bajo el borde inferior del hígado y llega a contactar con la pared abdominal anterior, en un punto que se proyecta en la línea medioclavicular, bajo el extremo anterior del 10.º cartílago costal derecho.

El **cuerpo** está adherido a la cápsula fibrosa subperitoneal del hígado por tejido conectivo y vasos sanguíneos.

El **cuello**, corto y retorcido, forma un ángulo con el cuerpo y se continúa sin límite preciso con el conducto cístico. Está también adherido al hígado por tejido conectivo.

> A nivel del cuello se ha descrito la presencia, a veces, de una dilatación sacciforme, el **infundíbulo** (*bacinete de Broca* o *bolsa de Hartmann*). Todos los estudios indican que esta dilatación sólo existe en circunstancias patológicas, como la presencia de cálculos que dilatan la vesícula.

Conducto cístico

El **conducto cístico**, normalmente de 3-4 cm de longitud, se sitúa en el interior del borde libre del omento menor. Es estrecho y se dirige hacia abajo y a la izquierda para unirse a la vertiente derecha del conducto hepático común. Entre el cístico, el conducto hepático y el hígado se dibuja el **triángulo hepatocístico**, por donde discurre la arteria cística.

Estructura de la vía biliar accesoria

a) La *vesícula biliar* está constituida por una capa mucosa, una capa muscular, una capa subserosa y, en algunas partes, una serosa peritoneal (véase más adelante).

La **mucosa**, pálida, presenta un *epitelio monoestratificado cilíndrico*. Está engrosada por pliegues que dibujan una retícula a modo de panal. A nivel del cuello hay glándulas mucosas biliosas.

La capa **muscular** es muy irregular. Las fibras lisas están entremezcladas con haces de colágeno y de elastina; hacia el fondo de la vesícula predominan las fibras longitudinales Esta capa mantiene el tono de la pared y se adapta al grado de repleción (la vesícula puede contener entre 30-60 cm^3 de bilis).

La capa subserosa es una envoltura conectiva perimuscular rica en vasos y nervios.

b) El *cístico* tiene una estructura semejante; la diferencia radica en la mucosa. Esta presenta numerosos pliegues que describen una espiral en la luz del conducto, el **pliegue espiral** (*válvula de Heister*), que se prolonga en el cuello de la vesícula. El pliegue mantiene abierta la luz para el paso de la bilis; al aumentar la presión abdominal (tos, esfuerzos con la musculatura abdominal, etc.), el pliegue espiral tiende a ocluir la luz.

Peritoneo de la vesícula biliar

La vesícula es un órgano intraperitoneal del espacio supramesocólico. El peritoneo que reviste el hígado enfunda la vesícula biliar y forma su capa serosa. Normalmente, el fondo de la vesícula está enteramente revestido de peritoneo y el cuerpo está tapizado únicamente por su superficie libre; en la zona de contacto con la fosa cística se adhiere a ella por el tejido conectivo de la subserosa. Aproximadamente en el 10 % de los casos, toda la vesícula biliar está envuelta por peritoneo y se une por un meso corto con el peritoneo visceral hepático. Esta disposición favorece la formación de vólvulos o torsiones de la vesícula.

Complejo esfinteriano hepatopancreático (esfínter de Oddi)

El *esfínter de Oddi* (Fig. 8-59) es un complejo de esfínteres formado por fibras musculares lisas circulares y espirales que rodean las terminaciones del colédoco (**músculo esfínter del colédoco**), el conducto pancreático principal

(**músculo esfínter pancreático**) y la ampolla hepatopancreática (**esfínter común intraduodenal**).

Variaciones

Las variaciones de las vías biliares tienen gran importancia clínica y deben ser bien conocidas por el cirujano para evitar complicaciones cuando opera estas estructuras. Reseñamos aquí algunas de las principales.

a) Vesícula biliar: falta de vesícula (agenesia), duplicaciones, inclusión completa en el tejido hepático o cambios de morfología.

b) Conducto cístico: son frecuentes las variaciones de tamaño. En ocasiones, es muy corto y se une enseguida al conducto hepático derecho, en otras, es muy largo (25 %) y desciende paralelo al conducto hepático común uniéndose a él en la cabeza del páncreas (colédoco corto). El cístico puede, también, contornear el conducto hepático antes de unirse a él.

c) Casi en el 20% de las personas existen conductos hepáticos accesorios procedentes de un segmento o de un territorio hepático. El conducto hepático accesorio termina en el conducto hepático común, independientemenete de los conductos hepáticos derecho e izquierdo.

c) Desembocadura del colédoco: el colédoco puede no unirse al conducto pancreático principal y desembocar de forma independiente en la segunda porción del duodeno.

Dinámica de las vías biliares

La bilis es producida continuamente por el hígado (unos 500 mL/día) y desciende por el conducto hepatocolédoco, pero no puede pasar al duodeno por estar cerrado el músculo esfínter del colédoco. La bilis refluye por el cístico y se va acumulando en la vesícula biliar, donde se concentra.

La concentración de bilis tiene lugar por absorción de agua y electrólitos que pasan al espacio intercelular de la mucosa. La llegada de alimento al duodeno, especialmente de lípidos, pone en marcha un mecanismo reflejo por el que se contrae y vacía la vesícula biliar y se abre el esfínter de Oddi. El proceso es regulado por la hormona *colecistoquinina* producida por las células del epitelio duodenal. La *colecistoquinina* pasa a la sangre y alcanza la vía biliar provocando la contracción de la musculatura de la vesícula biliar y la relajación del esfínter. Es posible que en la abertura del esfínter intervengan también reflejos nerviosos.

Colelitiasis. En cualquier punto de las vías biliares se pueden retener cálculos que bloquean el paso de bilis. La obstrucción del cístico provoca el **cólico biliar**. La vesícula se distiende bruscamente y se inflama (**colecistitis**). Aparece un dolor muy intenso en el hipocondrio derecho y el epigastrio, que, en ocasiones, se irradia al hombro derecho a través del nervio frénico. El paciente tiene náuseas y vómitos. Con la palpación se observa un borde hepático muy sensible y dolor vivo al inspirar (desciende la vesícula) cuando se coloca la punta de los dedos bajo el reborde costal derecho, por fuera del recto del abdomen (*signo de Murphy*).

Exploración de las vías biliares. En la actualidad, los mejores procedimientos para explorar los trastornos de las vías biliares son la *ecografía* y la *tomografía computarizada*. En ocasiones, sigue estando indicada la *colangiografía*, una técnica radiológica clásica con la que habitualmente se hacían las exploraciones. La colangiografía consiste en visualizar la vía biliar con un medio de contraste introducido por vía intravenosa u oral. El fundamento estriba en que el hígado elimina el contraste que llega directamente por la sangre, o el que llega tras absorberse en el intestino.

La **laparoscopia** es un procedimiento cada vez más utilizado no sólo para visualizar la vía biliar y hacer diagnósticos, sino para realizar intervenciones quirúrgicas, tales como la **colecistectomía** (extirpación de la vesícula biliar).

Vascularización

Arterias. La vesícula biliar y el conducto cístico están irrigados por la **arteria cística** (rama de la **hepática propia**). Las variaciones de la arteria cística son frecuentes y su conocimiento es esencial cuando se practica una colecistectomía.

El conducto hepatocolédoco recibe sangre por varias fuentes: en su parte superior, por ramas de la **arteria cística** y de la **hepática propia**, y en su parte inferior, por las **arterias supraduodenales superiores** y **retroduodenales** (ramas de la gastroduodenal).

Venas. Las venas de las vías biliares drenan en el **sistema porta**. La sangre de la vesícula biliar es recogida por las venas císticas (tributarias de la rama derecha de la vena porta) y directamente por venas intrahepáticas a través del parénquima.

Las venas del cístico drenan en las venas císticas, las venas intrahepáticas y en el tronco porta.

Las venas del conducto hepatocolédoco se dirigen, en su porción proximal, a las venas intrahepáticas y, en el resto de su extensión, al tronco porta y a las venas pancreaticoduodenales.

Linfáticos. La linfa de las vías biliares es recogida por los **ganglios hepáticos** que se encuentran en el pedículo hepático. Se identifica siempre un ganglio específico, el **ganglio cístico**, situado a nivel del cuello vesicular. Finalmente, la linfa es drenada hacia **los ganglios celíacos**.

El ganglio cístico es un ganglio centinela de los cánceres de las vesícula biliar y puede, en esas circunstancias, ser muy grande, estar adherido y entorpecer la cirugía.

Inervación

Las vías biliares reciben fibras nerviosas por el **plexo hepático**. Hay fibras simpáticas posganglionares procedentes del plexo celíaco y fibras parasimpáticas preganglionares procedentes del nervio vago. Estas últimas establecen sinapsis con neuronas parasimpáticas intramurales de la vía biliar; las fibras posganglionares van a las glándulas y a la musculatura lisa. La vía biliar recibe fibras sensitivas por el nervio frénico derecho.

SECCIÓN V

APARATO RESPIRATORIO

CAPÍTULO 9

Aparato respiratorio

ORGANIZACIÓN GENERAL

El aparato respiratorio es el conjunto de órganos al servicio de la *respiración externa,* es decir, el proceso mediante el cual la sangre capta oxígeno de la atmósfera y elimina el dióxido de carbono producido en el metabolismo celular. Es pues intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre.

Los glóbulos rojos de la sangre transportan el oxígeno a las células del organismo y toman de ellas el dióxido de carbono; el intercambio de gases entre la sangre y las células es la *respiración interna,* proceso esencial para que las células obtengan energía.

El aparato respiratorio se divide en pulmones y vías respiratorias. Los **pulmones** son los órganos en los que tiene lugar el intercambio de gases entre el aire y la sangre; se encuentran en el tórax y están revestidos por una membrana serosa, la **pleura.**

Las **vías respiratorias** son formaciones tubulares encargadas de transportar el aire inspirado y el espirado. Constan de **nariz, fosas nasales** y **senos paranasales, faringe, laringe, tráquea** y **bronquios.** Los bronquios penetran en los pulmones (**bronquios intrapulmonares**), donde se ramifican numerosas veces hasta terminar formando las cavidades alveolares. Las paredes de los **alvéolos** están revestidas por capilares sanguíneos lugar donde se produce el intercambio de gases; la pared de los alvéolos y de los capilares sanguíneos constituyen la *barrera hematorrespiratoria.*

Los conductos respiratorios sirven, también, para calentar y humedecer el aire inspirado y comparten otras funciones: en las fosas nasales se encuentra el órgano de la olfación; la faringe es una vía mixta al servicio también del aparato digestivo y la faringe es un órgano de fonación. Es evidente que, en muchas ocasiones, la boca forma parte de la vía respiratoria. Los pulmones tienen también otras funciones, como fagocitar partículas de polvo y producir sustancias para mantener abiertos los sacos alveolares.

En este capítulo se estudian las vías respiratorias y los pulmones. La mecánica respiratoria al servicio de la ventilación pulmonar se estudia en el capítulo de motilidad del tórax.

Evolución

La obtención de oxígeno para la actividad celular de los organismos ha experimentado notables modificaciones a lo largo de la evolución de las especies, que vienen marcardas por adaptaciones al tamaño del animal, la permeabilidad de la piel, el medio acuático o aéreo, la vida en la superficie de la tierra o en el aire, y las necesidades metabólicas. En cualquier caso, siempre se trata de desarrollar una membrana que permita el intercambio de gases entre el organismo y el medio.

En los animales pequeños, una piel permeable puede ser suficiente para captar el oxígeno. Los anfibios conservan esta capacidad de la piel.

La primera organización respiratoria especializada son las **branquias** de los peces: hendiduras situadas a los lados

de la faringe, entre ésta y la superficie. En el modelo más típico (como el del tiburón), hay cinco hendiduras branquiales. El agua entra por la boca, pasa a la faringe y sale por las hendiduras branquiales.

Las branquias están formadas por laminillas muy vascularizadas y cubiertas por un delgado epitelio. Al pasar el agua por esta superficie se produce el intercambio gaseoso.

El primer esbozo de pulmón apareció en el medio acuático, en los peces pulmonados. En los modernos peces pulmonados, los pulmones cumplen un papel auxiliar en la respiración, pues se trata de animales tropicales que viven en zonas de sequías estacionales. El **pulmón primitivo** aparece en los *crosopterigios* (peces fósiles de los que descienden todos los vertebrados terrestres), cuyo hábitat eran aguas cenagosas.

Consiste en un saco bilobulado con pocas subdivisiones, a los lados del esófago, y conectado por un tubo corto con el suelo de la faringe mediante un orificio esfinteriano. Muy probablemente, el primer esbozo de este pulmón estuvo presente en los *placodermos,* en forma de dos bolsas faríngeas modificadas.

La evolución del pulmón en los tetrápodos es consecsuencia progresiva de dos hechos: el alargamiento de la vía respiratoria y el aumento de tabicación de los sacos pulmonares.

En los anfibios, los pulmones tienen pocas subdivisiones internas. En algunos reptiles, el pulmón se hace más complejo y tiene un aspecto esponjoso.

En los mamíferos, las subdivisiones se incrementan enormemente y el pulmón presenta ya las típicas unidades respiratorias alveolares. Con el desarrollo del diafragma, los pulmones aparecen alojados en la cavidad torácica, ocupando cada uno un espacio pleural independiente. Al desarrollarse el cuello, el conducto respiratorio se fue alargando y transformando en laringe y tráquea.

El aparato respiratorio de las aves tiene características muy distintas y fuera de la línea filogenética. Hay dos pulmones en comunicación con cuatro pares de sacos aéreos, que se extienden por gran parte del cuerpo y comunican con cavidades aéreas en el interior de los huesos.

NARIZ

La **nariz** es una prominencia piramidal que, a modo de tejadillo, cubre la entrada de las fosas nasales. Consta de una parte superior, de naturaleza ósea, y una parte **inferior (alas de la nariz),** de naturaleza cartilaginosa y consistencia blanda.

FORMA

La pirámide nasal tiene una **raíz** superior, que corresponde al espacio interciliar, generalmente algo excavado. La **base,** inferior, presenta los dos orificios elípticos de las **ventanas nasales,** separados por el **subtabique,** el cual tiene forma de reloj de arena.

Una cara posterior, inexistente, abierta a las fosas nasales, y dos *caras laterales* inclinadas hacia las mejillas, completan la pirámide.

Ambas caras laterales se unen por delante, formando el **dorso de la nariz,** que termina en una punta más o menos redondeada, el **vértice nasal** (*lóbulo nasal*).

La pirámide está separada del resto de la cara por un surco longitudinal que la delimita de los párpados (surco nasopalpebral), de la mejilla (surco nasogeniano) y de los labios (surco nasolabial).

La forma de la nariz presenta mútiples variaciones y singularidades que contribuyen de forma decisiva a la personalidad del rostro. Los tipos principales se definen con arreglo a variaciones del dorso y de la base nasal.

*Variaciones del dorso: nariz recta (*clásica), *nariz convexa* (aguileña o semítica), *nariz cóncava* (arremangada o socrática) y *nariz griega,* en la que un dorso clásico se continúa con la frente sin surco interciliar apreciable.

Variaciones de la base: este tipo de variaciones son raciales. En la raza blanca, el eje mayor de las ventanas nasales es anteroposterior, en la raza negra el eje mayor es transversal, y en la raza amarilla, el eje es oblicuo, o bien el orificio es redondo.

La **rinoplastia** es una técnica de cirugia estética que tiene por objeto corregir la forma de la nariz. El cirujano modifica la pirámide nasal modelando los cartílagos y los huesos nasales.

ESTRUCTURA

El esqueleto de la nariz es de naturaleza ósea y cartilaginosa; se completa con un membrana fibrosa de conexión de los cartílagos, un dispositivo musculofascial, unas cubiertas cutáneas y una mucosa.

Los elementos óseos forman la parte superior de la nariz y el contorno que separa la pirámide de las fosas nasales. Está constituido por las **apófisis frontales del maxilar,** la **escotadura nasal del maxilar** y los **huesos nasales.** Entre las apófisis frontales se forma un espacio que ocupan y cierran los huesos nasales, a modo de puente óseo que da consistencia y forma a la parte superior de la nariz (Fig. 9-1). Entre los huesos nasales y la incisura nasal se delimita la **apertura piriforme,** en forma de corazón de naipes, que da entrada a las fosas nasales; en su borde inferior se encuentra la **espina nasal anterior.**

Elementos cartilaginosos (Figs. 9-1 y 9-2)

La pirámide nasal se completa en su parte inferior por piezas aisladas de cartílago hialino. Se distinguen *cartílagos*

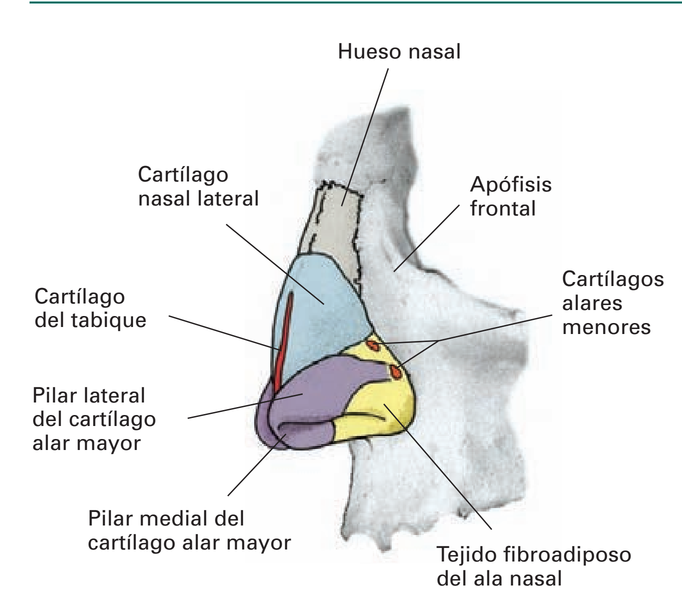


Figura 9-1. Visión anterolateral del esqueleto óseo y cartilaginoso de la nariz.

Cartílagos principales

El cartílago del tabique, los cartílagos nasales laterales y los cartílagos alares mayores.

El **cartílago del tabique** es un lámina irregularmente rectangular que forma la parte anterior del tabique nasal, engastado en al ángulo entre el vómer y la lámina perpendicular del etmoides (Fig. 9-3). Es plano, aunque está engrosado en algunas partes, y casi siempre desviado hacia un lado. Su borde anteroinferior llega al subtabique; su borde anterosuperior se articula, por arriba, con la sutura internasal de los huesos nasales y, por abajo, aparece entre los dos cartílagos laterales, a los que se une, llegando hasta el dorso nasal.

Los **cartílagos nasales laterales** son dos láminas triangulares dispuestas por debajo de los huesos nasales a los que parecen continuas prolongando el puente de la nariz. Por sus bordes anteriores se fusionan formando una arista, excepto en su parte inferior donde dejan hendidura en la que penetra el cartílago del tabique. Por abajo se unen a los cartílagos alares o a los accesorios. Los **cartílagos alares mayores** son dos láminas finas y flexibles que ocupan cada una de las alas de la nariz. Tienen forma de «U», con la concavidad hacia atrás, en torno a la mitad anterior del orificio nasal. Constan de una parte externa (**pilar lateral**), situada en el ala, y una parte interna (**pilar medial**, o *septal*), que penetra en el subtabique. Los mediales se fusionan entre sí y con el cartílago del tabique. El conjunto así formado se denomina *tabique móvil.* Los cartílagos alares mayores están separados del hueso por un espacio fibroso en el que hay varios **cartílagos alares menores,** de forma aproximadamente cuadrada o redondeada. El borde inferior de los cartílagos alares mayores no llega al reborde nasal, de modo que el borde del ala de la nariz está formado exclusivamente por tejido conectivo y grasa.

Cartílagos nasales accesorios

Son los **cartílagos alares menores** o cuadrados (ya mencionados), los **cartílagos sesamoideos** y los **cartílagos vomerianos.** Los cartílagos sesamoideos se sitúan entre el alar mayor y el nasal lateral. Los cartílagos vomerianos (*cartílagos de Jacobson*) son uno o dos pequeños cartílagos alargados, ubicados entre el vómer y el cartílago del tabique (Fig. 9-3); constituyen el soporte de un órgano rudimentario y atrofiado, el órgano vomeronasal (véase Fosas nasales).

Los cartílagos se unen entre sí mediante una *membrana fibrosa,* verdadera continuación del pericondrio y del periostio, que llena espacios y fija los cartílagos.

Dispositivo muscular

En la nariz se encuentran los músculos: nasal, depresor del septo y piramidal.

Estos músculos forman parte de la musculatura mímica y con ella han sido descritos.

La pirámide nasal está cubierta por la *piel.* En el puente nasal tiene una consistencia firme, y en las alas y el vértice, es gruesa, adherente y rica en glándulas sebáceas que se abren en orificios visibles.

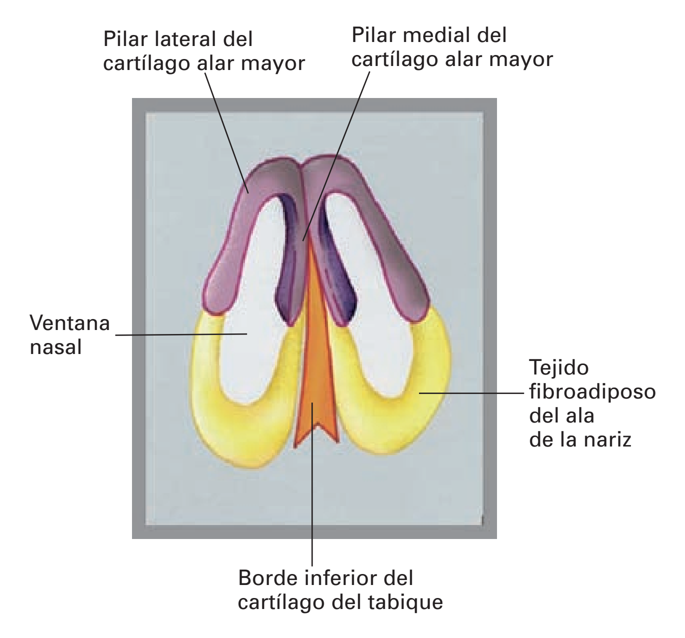


Figura 9-2. Visión inferior esquemática de los cartílagos nasales.

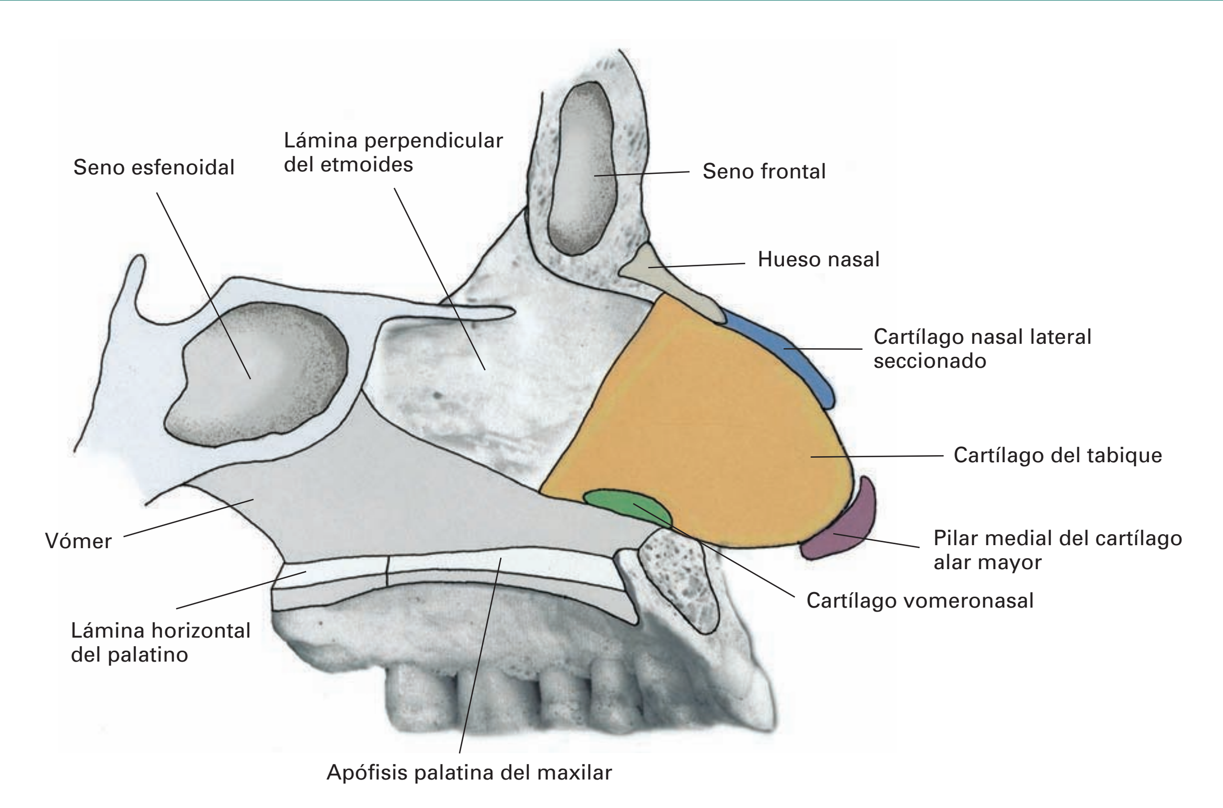


Figura 9-3. Fosa nasal abierta. Visión lateral derecha del tabique.

Interior de la pirámide nasal

La nariz está recubierta por dentro de mucosa y de piel, y se abre a las fosas nasales contribuyendo a formar sus paredes (Fig. 9-5).

En una sección parasagital se observa que: por arriba, la pirámide está tapizada de mucosa y forma la parte anterior del techo de las fosas nasales y de la zona preturbinal de la pared externa; en la parte baja, se encuentra el **vestíbulo nasal** (*narinas*), que está revestido de piel; entre el vestíbulo y la mucosa, hay un pliegue de transición (**limbo nasal**), y en la parte baja del vestíbulo se encuentra un tipo especial de pelo (**vibrisas**), que contribuye a filtrar partículas grandes procedentes de la contaminación del aire, y crece más con el envejecimiento.

Vascularización

Arterias. La nariz recibe una abundante irrigación arterial procedente de las **arterias facial, infraorbitaria** y **oftálmica.**

La arteria facial emite la **arteria labial superior,** que irriga el ala y el subtabique, y la **arteria nasal lateral,** destinada al dorso de la nariz.

La arteria infraorbitaria da **ramos nasales superficiales** a su salida del agujero infraorbitario.

La arteria oftálmica da la **arteria nasal,** para el dorso de la nariz, y la **etmoidal anterior,** destinada a la parte anterior del tabique y la mucosa de la pirámide nasal.

En suma, la nariz se vasculariza por una fuente arterial procedente de la carótida externa (facial e infraorbitaria) y otra de la carótida interna (oftálmica). Existen anastomosis importantes entre ambos sistemas arteriales en el espesor de la mucosa del tabique nasal y a través de la arteria angular.

Venas. La sangre venosa es recogida por venas tributarias que drenan en las **venas facial e infraobitaria,** y por la **vena angular,** en la **oftálmica.** La corriente de la vena facial y de la vena infraorbitaria va a la vena yugular externa, y la de la vena oftálmica pasa al seno cavernoso y a la vena yugular interna.

Linfáticos. Los vasos linfáticos de la nariz drenan en los **ganglios parotídeos** y en los **submandibulares.** La raíz y la parte alta del dorso va a los ganglios parotídeos, el resto es recogido en los ganglios del grupo submandibulares.

Inervación

Los músculos de la nariz están inervados por el **nervio facial.**

La inervación sensitiva de piel, mucosas, periostio y pericondrio nasal tiene lugar a través de ramas del **nervio trigémino.** La **rama nasal del nervio oftálmico** inerva la parte

superior de la nariz, y **las ramas nasales del nervio infraorbitario** inervan las alas y el vestíbulo. El **nervio etmoidal anterior** (rama del nasal) inerva la mucosa de la nariz, y la piel del ala y del vértice, mediante el **ramo nasolobular.**

A la nariz llegan fibras simpáticas posganglionares para los vasos y las glándulas sudoríparas procedentes del ganglio cervical superior, estas fibras forman plexos periarteriales.

FOSAS NASALES REVESTIDAS DE MUCOSA

La configuración ósea de las fosas nasales ha sido decrita con el cráneo, y allí se remite al lector para una mejor comprensión de este apartado. Aquí se describirán las fosas nasales revestidas de mucosa.

Las fosas nasales continúan la nariz y se abren, por detrás, a la nasofaringe por medio de las coanas.

Las paredes de estas cavidades están revestidas de mucosa, que modifica la disposición que ofrece en el hueso seco, tapizando los orificios de acceso de los vasos y nervios y proporcionando una configuración algo diferente a los meatos (Fig. 9-4).

En la *pared interna,* o tabique nasal, generalmente desviado hacia un lado, la mucosa presenta el **órgano vomeronasal** (*órgano de Jacobson*). Se trata de un órgano rudimentario en forma de fondo de saco tubular de la mucosa, situado en la parte inferior del tabique, a los lados del cartílago vomeronasal. Este tubo mucoso se abre por un diminuto orificio, que se dispone por encima y por detrás de los orificios incisivos.

El órgano vomeronasal se encuentra en casi todos los animales, con la probable excepción de las aves, los murciélagos y algunos primates. En los mamíferos, la pared del tubo contiene células epiteliales semejantes a las del epitelio olfatorio y neuronas receptoras conectadas con los centros olfatorios del cerebro. Se comporta como un **quimiorreceptor** para *feromonas sexuales,* sustancias olorosas que sirven para la comunicación social y sexual entre individuos de la misma especie.

El órgano vomeronasal humano puede ser unilateral y tiene una estructura diferente a la de los mamíferos. Carece de epitelio sensorial, semejante al olfatorio, aunque se han descrito células parecidas a neuronas receptoras bipolares, si bien no se han demostrado conexiones con el cerebro. Su función, al igual que la existencia de feromonas humanas, son cuestiones aún por dilucidar.

En el *techo,* la mucosa tapiza los orificios de la lámina cribosa del etmoides. Hacia atrás, se continúa con la mucosa de los senos esfenoidales, a través de los orificios de entrada a estos senos, los cuales se disponen por detrás del receso esfenoetmoidal (véase más adelante).

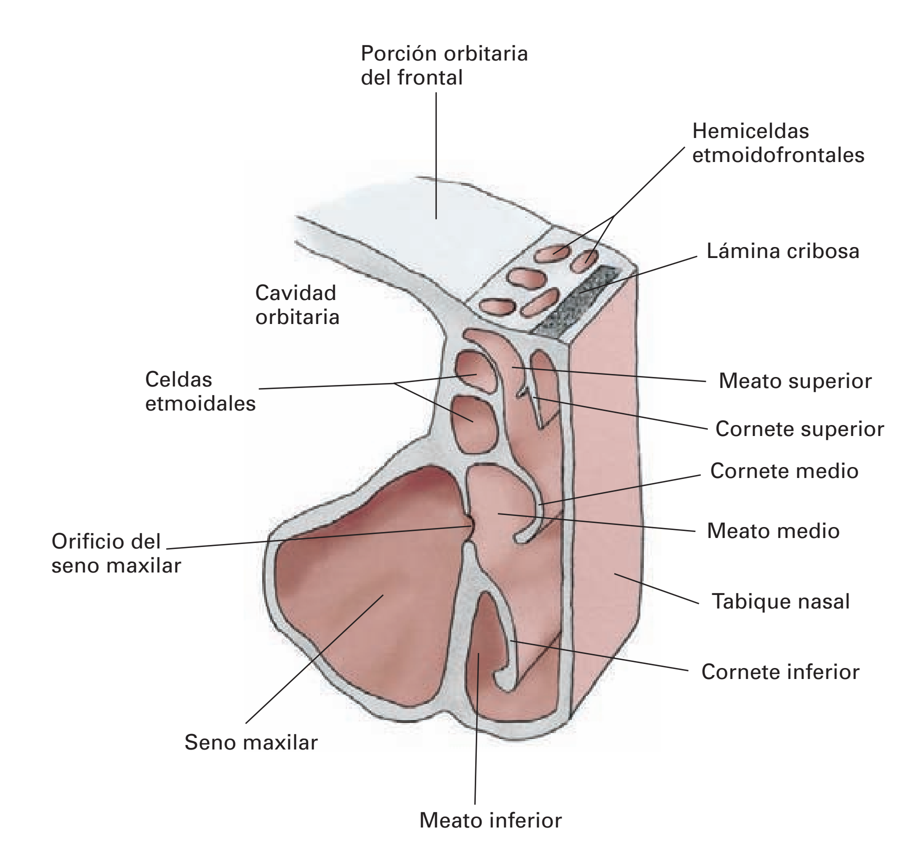


Figura 9-4. Visión anterior de una sección frontal esquemática de la fosa nasal derecha revestida de mucosa.

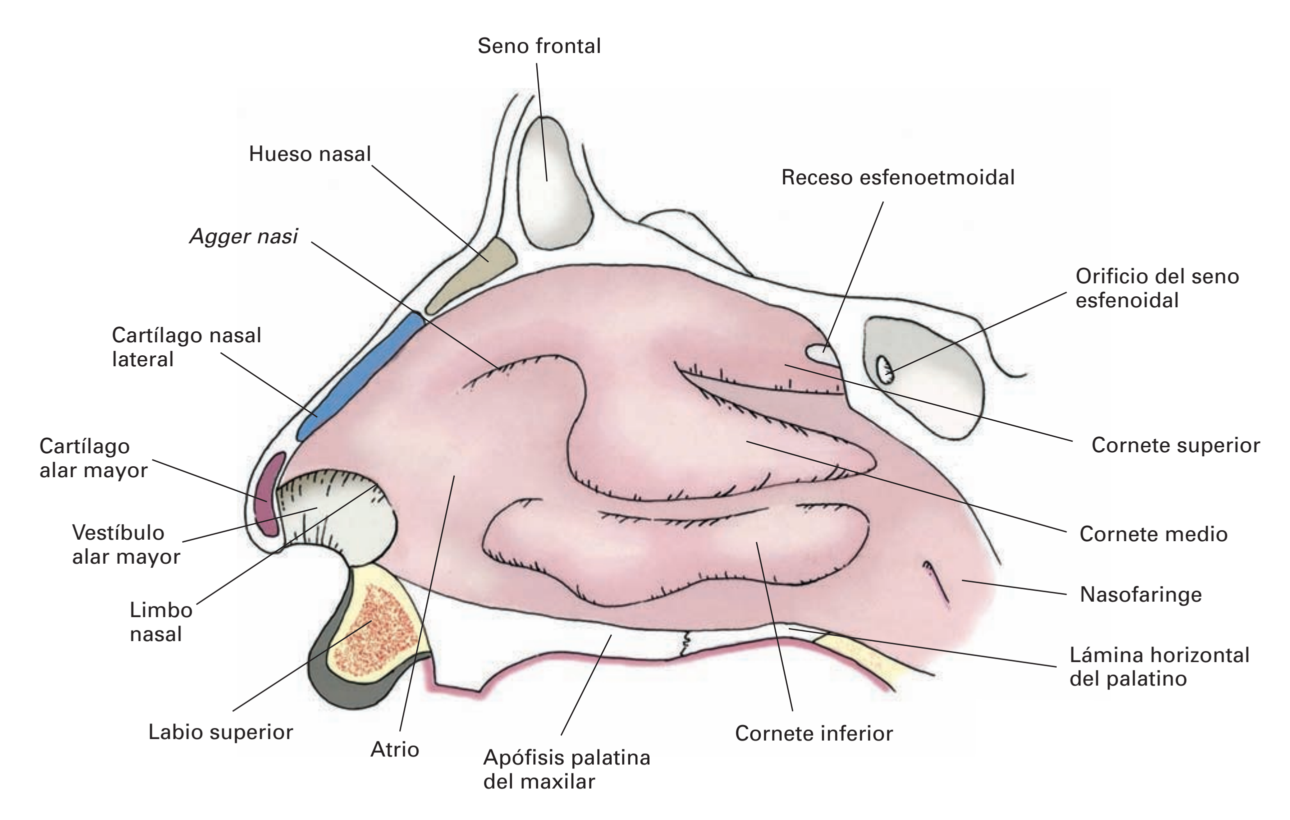


Figura 9-5. Pared lateral de la fosa nasal derecha. El tabique ha sido eliminado.

Seno frontal
Infundíbulo
Cornete medio
Cornete superior
Receso esfenoetmoidal
Orificio del seno esfenoidal
Agger nasi
Hiato semilunar
Pliegue unciforme
Orificios de las celdas etmoidales posteriores
Orificos de las celdas etmoidales medias
Cornete inferior
Orificio del conducto nasolagrimal
Orificio del seno maxilar
Bulla etmoidal

Figura 9-6. Pared lateral de la fosa nasal derecha. Los cornetes han sido seccionados en gran parte para mostrar los meatos.

En el *suelo,* la mucosa cubre como una «alfombra» el paladar óseo y tapiza los orificios de acceso al canal incisivo; hacia atrás, se continúa con la mucosa del velo del paladar.

La *pared externa* de las fosas nasales se modifica notablemente por la mucosa, que reviste toda la pared y, en algunos puntos, se continúa tapizando los senos paranasales. La presencia de los cornetes la hace muy irregular, al tiempo que permite diferenciar dos sectores: la zona turbinal (de los cornetes) y la zona preturbinal (Figs. 9-5 y 9-6).

La *zona preturbinal* se continúa con la superficie interna de la nariz. En la parte inferior está separada de la piel del vestíbulo nasal por un pliegue cutaneomucoso, denominado **limbo nasal.** Por encima del limbo y por delante del cornete medio, se encuentra el **atrio,** un ligera depresión circunscrita por arriba por el relieve del *agger nasi,* que parte del extremo anterior del cornete medio. Entre este relieve y el techo de las fosas nasales, se forma una depresión alargada, el *surco olfatorio.*

La *zona turbinal* corresponde a los tres cornetes y a los meatos (Fig. 9-6).

El **meato nasal inferior,** comprendido entre el cornete inferior y la pared lateral, presenta, en su parte más anterior, el orificio de desembocadura del **conducto nasolagrimal,** última zona de drenaje de las secreciones lagrimales en las fosas nasales.

El **meato nasal medio** es el más complejo y el que más modificaciones experimenta con respecto al soporte óseo. Situado entre el cornete medio y la pared externa de las fosas nasales, comunica con el **seno frontal,** el **seno maxilar** y las **celdas etmoidales anteriores** y **medias.**

Si se extirpa el cornete medio, se aprecia en el fondo un relieve superior, la **bulla etmoidal** (correpondiente a una celda etmoidal), y otro inferior, el *pliegue unciforme,* que tapiza la apófisis unciforme del etmoides. Entre ambos relieves se delimita el **hiato semilunar,** y por encima de la bulla etmoidal, se forma una depresión denominada *canal retrobullar.* El hiato semilunar se prolonga hacia arriba y hacia delante con el **infundíbulo,** conducto que acaba en el seno frontal. En la parte posterior del hiato semilunar, se encuentra el **orificio de comunicación con el seno maxilar,** orificio único que se corresponde con uno de los tres orificios óseos de comunicación, orificio superior, situado entre la apófisis unciforme y su expansión posterior; los otros dos orificos están cerrados por la mucosa.

Las celdas etmoidales medias se abren al canal retrobullar; las anteriores lo hacen en el fondo del hiato semilunar.

El **meato nasal superior** está comprendido entre el cornete superior y la pared externa de la fosa nasal. Si se extirpa el cornete, se observan dos **orificos de desembocadura de las celdas etmoidales posteriores.** Detrás de estos orificos, la mucosa tapiza el agujero esfenopalatino.

Por encima del cornete hay un depresión, el **receso esfenoetmoidal,** a cuyo nivel se encuentra la abertura de los senos esfenoidales.

Puede existir un cornete supremo y un diminuto meato por encima del cornete superior.

Tipos de mucosa nasal

La mucosa nasal es de dos tipos: respiratoria y olfatoria.

La mucosa olfatoria es una zona pequeña del techo de las fosas nasales (zona subcribosa) y de las partes adyacentes del tabique y del cornete superior. Esta mucosa forma el **órgano de la olfación** y se describe con este órgano.

El resto de la mucosa nasal es de tipo **respiratorio.**

Está formada por un *epitelio cilíndrico pseudoestratificado,* con **células ciliadas** y **caliciformes.** En la *lámina propia,* muy rica en colágeno, hay abundantes glándulas seromucosas (**glándulas nasales**), productoras, junto con las células caliciformes, de una secreción semilíquida que se abre a la luz. La mucosa, gruesa y muy vascularizada, se adhiere firmemente al periostio o al pericondrio de las estructuras que reviste.

La inflamación de la mucosa nasal (**rinitis**) es extraordinariamente común. Puede ser un signo de infección (resfriado, gripe, etc.) o de alergia. Se acompaña de tumefacción y exudado, que dificulta la respiración. La infección puede pasar a los senos paranasales (**sinusitis**). La **rinitis alérgica** (fiebre del heno) es una afección muy frecuente, producida estacionalmente por pólenes transportados por el viento; se caracteriza por estornudos, picor y abundante secreción nasal acuosa. Debe evitarse el alergeno y administrar antihistamínicos para aliviar los síntomas.

El estornudo es un reflejo provocado por la irritación de la mucosa nasal; tiene como finalidad eliminar las sustancias extrañas o irritantes expulsando aire a gran velocidad por la nariz.

Regiones de la fosas nasales

Según el tipo de mucosa, se distinguen dos zonas en las fosas nasales: la **región olfatoria** y **la región respiratoria.**

La **región respiratoria,** que es la que aquí interesa, ocupa más de los dos tercios inferiores de la cavidad nasal. El aire inspirado forma por ella una corriente principal de entrada entre el tabique y los cornetes inferior y medio; al inspirar, se producen remolinos que conducen el aire inspirado hacia la región superior u olfatoria.

La región respiratoria tiene como función calentar y humidificar el aire inspirado, al tiempo que retiene partículas de polvo. La riqueza en vasos sanguíneos de la mucosa es fundamental para calentar el aire hasta llegar casi a los 37° C. El moco humidifica el aire hasta un 80 %, al tiempo que, por su pegajosidad, retiene partículas de polvo ambiental.

Estas partículas son desplazadas, por los cilios celulares, hasta la faringe para ser deglutidas. Las fosas nasales actúan también de cámara de resonancia en la producción de la voz.

Cuando la mucosa está irritada o inflamada, por ejemplo, en un resfriado, cambia el tono de voz.

Es muy importante respirar por la nariz y no por la boca para que el aire entre en las vías respiratorias inferiores en las condiciones de calor y humedad adecuadas. La entrada de aire frío y seco facilita las infecciones respiratorias (laringitis, traqueobronquitis y neumonías).

Vascularización

Los vasos sanguíneos de la mucosa nasal son muy abundantes, y decisivos para calentar el aire inspirado.

Arterias. Las fosas nasales están irrigadas por la **arteria esfenopalatina,** rama de la arteria maxilar, y por las **arterias etmoidales anterior** y **posterior,** ramas de la arteria oftálmica.

La arteria esfenopalatina vasculariza la mayor parte de las cavidades nasales: cornetes, meatos, celdas etmoidales, tabique y seno esfenoidal. La arteria etmoidal posterior vasculariza las celdas etmoidales posteriores.

La **arteria palatina descendente,** rama de la arteria maxilar, también puede irrigar la mucosa del suelo nasal y del meato inferior.

Las arterias se anastomosan profusamente y forman una densa red capilar mucosa. Las fosas nasales son un lugar de unión de las arterias carótidas externa e interna.

Venas. La sangre drena mediante tres corrientes vasculares: una anterior, hacia la **vena facial;** otra posterior, hacia los **plexos pterigoideos,** mediante la **vena esfenopalatina;** y otra superior, mediante las **venas etmoidales,** hacia la vena oftálmica. Esta última, debe recordarse, termina en el seno cavernoso de la duramadre.

Puede existir una *vena emisaria* hacia el seno longitudinal superior, a través del agujero ciego de la lámina cribosa.

Las venas forman un **plexo cavernoso** de paredes muy finas, especialmente rico en el tabique y en los cornetes inferior y medio. Este plexo tiene características de tejido eréctil. En el tabique, este plexo es especialmente denso en la parte anteroinferior (*zona de Kiesselbach*).

Existen abundantes **anastomosis arteriovenosas,** ricamente inervadas, que al cerrarse o abrirse, regulan el flujo sanguíneo, dilatando o estrechando el espesor de la mucosa.

Las hemorragias nasales (**epistaxis**) se deben a la rotura de los plexos venosos o a roturas arteriales; estas últimas pueden ser la manifestación de numerosas enfermedades, desde un simple traumatismo o una rinitis, a hipertensión o leucemia. Son frecuentes en las zonas de anastomosis arteriales, en la parte anterior del tabique o en la zona vestibular, donde las ramas esfenopalatinas se anastomosan con las ramas nasales de la arteria facial. Si la hemorragia no cesa, es preciso proceder al taponamiento, que puede ser anterior o posterior. El *taponamiento anterior* se raliza colocando una torunda de algodón en las narinas, pudiendo impregnarse ésta con un agente vasoconstrictor. En ocasiones, hay que hacer un *taponamiento posterior,* colocando una torunda de algodón en las coanas. Esta intervención, fácil y accesible al médico general, requiere algo de cuidado. Se introduce una cánula de goma por la nariz hasta la nasofaringe. Por el tubo, se pasa un hilo cuyo extremo faríngeo se coge mediante una pinza curva introducida por la boca. Se tira del hilo y se saca su extremo por la boca, procediéndose a atar al mismo una torunda. A continuación, se tira del extremo nasal del hilo y se coloca el tapón en la coana. Finalmente, se ata el extremo nasal a otra torunda que se coloca en la narina.

En situaciones graves puede ser preciso ligar la arteria carótida externa.

Linfáticos. La linfa de la parte anterior de las cavidades nasales, junto con la de la nariz, drena en los **ganglios submandibulares;** el resto de las fosas nasales vierte la linfa en los **ganglios cervicales profundos** más superiores, bien directamente, bien a través de los **ganglios retrofaríngeos.**

Inervación

La región respiratoria de las fosas nasales recibe fibras sensitivas y vegetativas, simpáticas y parasimpáticas.

Las **fibras sensitivas** son las prolongaciones periféricas del ganglio trigeminal, y alcanzan las fosas nasales mediante las ramas oftálmica y maxilar del nervio trigémino.

El **nervio etmoidal anterior,** rama del nervio oftálmico, inerva la parte preturbinal de las fosas nasales y la parte anterior del tabique; el **nervio etmoidal posterior** (rama también del oftálmico) inerva las celdas etmoidales posteriores y el seno esfenoidal.

El resto de las fosas nasales (la mayor parte) está inervado por ramas del nervio maxilar: el **nervio nasopalatino,** los **nervios nasales posteriores superiores laterales** y las **ramas nasales posteroinferiores laterales.**

Las fibras vegetativas simpáticas son fibras posganglionares originadas en el ganglio cervical superior y que llegan a las fosas nasales por los plexos periarteriales correspondientes. Inervan los vasos sanguíneos, produciendo *vasoconstricción* mediante el neurotransmisor *noradrenalina.*

Los medicamentos adrenérgicos se emplean, en forma de gotas nasales, para combatir alergias o resfriados.

En estos casos, el efecto vasoconstrictor adelgaza la mucosa tumefacta y facilita la respiración.

Las **fibras parasimpáticas** proceden del **nervio facial.** Las fibras preganglionares se originan en el núcleo lagrimal de la protuberancia, y luego, por el nervio petroso mayor, llegan al ganglio esfenopalatino. Las fibras posganglionares se

incorporan a las ramas del trigémino para alcanzar las microglándulas nasales y estimular su secreción.

SENOS PARANASALES

Los **senos paranasales** son cavidades aéreas que están en comunicación con las fosas nasales y situadas en los huesos colindantes (Figs. 9-7 y 9-8). La mucosa que los reviste se continúa con la de las fosas nasales a través de los orificios de drenaje de los senos en la cavidad nasal. Este hecho se comprende bien si se tiene en cuenta que los senos se desarrollan a partir de evaginaciones localizadas de las fosas nasales, fundamentalmente, a partir del nacimiento.

Los senos son rudimentarios al nacer, crecen lentamente durante la infancia y, a partir de la pubertad, alcanzan su tamaño definitivo, lo que contribuye de forma decisiva a la configuración de la cara.

Los senos paranasales son cuatro a cada lado: **frontal, etmoidal, maxilar** y **esfenoidal.**

Su función no está clara; participan en la formación de la cámara de resonancia de la voz.

La mucosa de los senos es más fina que la de las fosas nasales y está menos vascularizada. Secreta moco que drena a las fosas nasales por los orificios de comunicación de los meatos.



Figura 9-7. Proyección sobre el rostro de las fosas nasales y los senos paranasales. Fosas nasales y senos etmoidales en azul, senos maxilares en rojo, senos frontales en ocre.

Sinusitis: es la inflamación de los senos paranasales, generalmente a consecuencia de la propagación de la inflamación desde las fosas nasales (**rinitis**). La mucosa presenta tumefacción y el drenaje se ve muy dificultado o bloqueado. Las sinusitis pueden no responder a los antibióticos, lo que obliga a realizar lavado de los senos (mediante sondas) o a la extirpación quirúrgica de la mucosa, que se reemplaza por un fragmento de mucosa nasal sana, que rápidamente crece y tapiza la pared ósea.

SENOS FRONTALES

Los **senos frontales** se sitúan en el espesor del hueso frontal (Figs. 9-3, 9-5, 9-6 y 9-8) por detrás de los arcos superciliares, entre las tablas externa e interna del hueso, y por encima de la parte anterior del techo de las fosas nasales. Suelen constar de una porción vertical, en el espesor de la escama del frontal, y de una porción horizontal, dentro de la porción orbitaria del hueso. Ambos senos están separados por un tabique que, generalmente, está desviado hacia un lado; es frecuente observar tabiques incompletos en su interior.

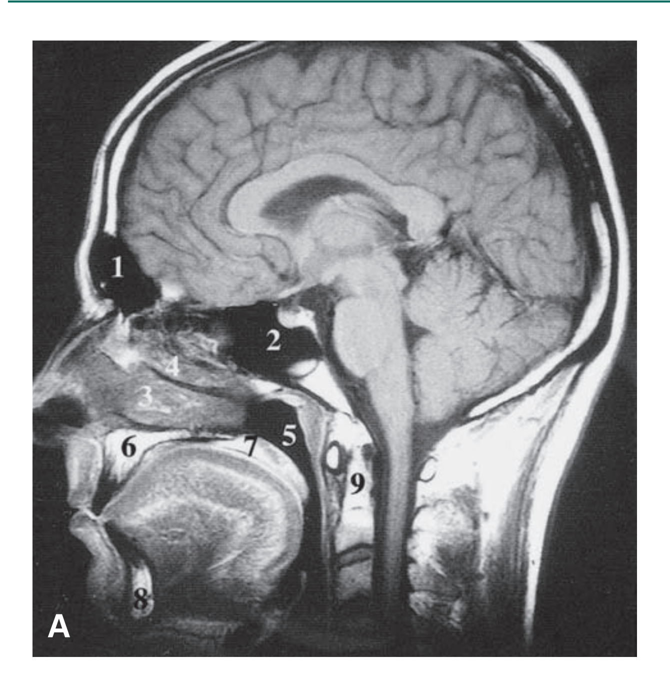
El tamaño es extraordinariamente variable de un individuo a otro; pueden ser pequeños o llegar a invadir áreas extensas del frontal. Se distinguen senos pequeños, medianos y grandes. Drenan en el meato medio a través del infundíbulo; rara vez lo hacen en el canal retrobullar.

Al nacer son práctimente inexistentes. Comienzan a detectarse a los dos años de edad, y a partir de los siete años, son claramente visibles en las radiografías. Como el resto de los senos, su mayor desarrollo tiene lugar a partir de la pubertad.

La **sinusitis frontal** provoca dolor vivo e intenso cuando se palpa la salida del nervio supraorbitario bajo el reborde de la órbita. La propagación de la infección a la meninge (meningitis) de la fosa craneal anterior, a través de la tabla interna del frontal, constituye una complicación muy grave, que puede, incluso, convertirse en un absceso cerebral.

SENOS ETMOIDALES

Los **senos etmoidales** (*celdas etmoidales*) (Figs. 9-3, 9-4 y 9-6 y 9-8) son un conjunto de cavidades del laberinto de las masas laterales del etmoides, complementadas por los huesos limítrofes (frontal, maxilar, lagrimal, esfenoides y palatino). Se disponen en la porción superior de la pared externa de las fosas nasales, por dentro de la órbita y por debajo de la fosa craneal anterior. El número de celdas es muy variable; generalmente, son 7 ó 9.



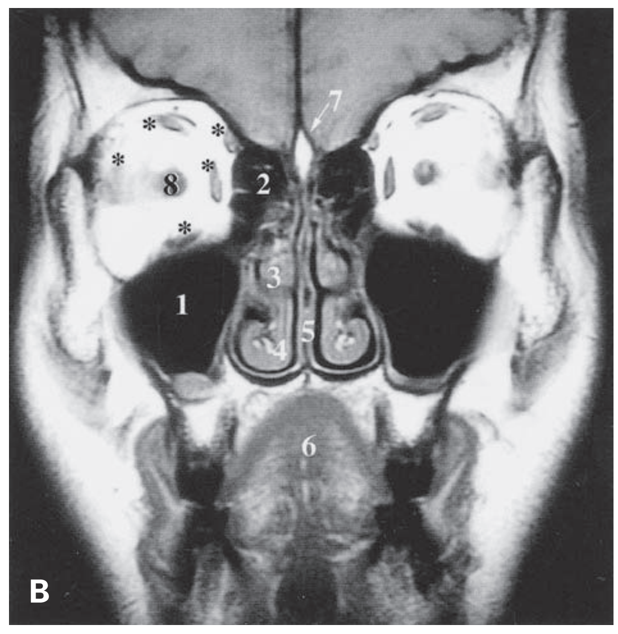


Figura 9-8. RM de senos paranasales y fosas nasales. (A) Imagen sagital. 1) Seno frontal. 2) Seno esfenoidal. 3) Cornete inferior. 4) Cornete medio. 5) Nasofaringe. 6) Paladar óseo. 7) Velo del paladar. 8) Mandíbula. 9) Apófisis adontoides. (B) Imagen coronal. 1) Seno maxilar. 2) Celdas etmoidales. 3) Cornete medio. 4) Cornete inferior. 5) Tabique nasal. 6) Lengua. 7) Apófisis *crista galli*. 8) Nervio óptico. Los asteriscos señalan los músculos extrínsecos del globo ocular.

Es clásico describir tres grupos: anteriores, medias y posteriores. Las celdas etmoidales anteriores y medias se abren al meato medio (las anteriores en el hiato semilunar, y las medias en el canal retrobullar); las celdas etmoidales posteriores drenan en el meato superior. Los senos etmoidales pueden detectarse ya, en forma rudimentaria, en el momento del nacimiento.

Los senos etmoidales están separados de la órbita únicamente por la delgada lámina orbitaria del etmoides. En una **sinusitis etmoidal,** la órbita puede perforarse, extendiéndose la infección al espacio retrobulbar, donde está alojado el fascículo óptico. La lesión de éste causa deficiencias visuales que pueden conducir a la ceguera total.

SENOS ESFENOIDALES

Los **senos esfenoidales** se encuentran en el espesor del cuerpo del esfenoides, en la parte posterior del techo de las fosas nasales (Figs. 9-3, 9-5, 9-6 y 9-8). Un tabique, generalmente completo y desviado hacia un lado, separa ambos senos. Drenan en el receso esfenoetmoidal, por detrás del cornete superior. Hay que recordar que por encima se encuentra la silla turca, donde se aloja la hipófisis y el quiasma óptico; y a los lados, se encuentra el seno cavernoso y la arteria carótida interna. Dehiscencias de las paredes del cuerpo del esfenoides ponen en contacto la mucosa del seno con la duramadre. En ocasiones, pueden ser muy grandes y desbordar el cuerpo del esfenoides, llegando a las alas mayores e, incluso a la apófisis basilar del occipital.

Los senos esfenoidales no se suelen detectar antes de los dos años de edad.

SENOS MAXILARES

Los **senos maxilares** se encuentran en el interior del cuerpo de los maxilares, a los lados de las fosas nasales y por debajo de la órbita (Figs. 9-3, 9-4 y 9-8). Son cavidades grandes, de forma piramidal, cuya base forma parte de la pared externa de las fosas nasales; el vértice alcanza la apófisis cigomática; el techo constituye el suelo de la órbita, y el suelo corresponde a la apófisis alveolar. En el suelo hacen protrusión las raíces de los dos primeros molares y del segundo premolar; en ocasiones, también lo hace el tercer molar y el primer premolar. El seno drena en el meato medio, a nivel del hiato semilunar. El suelo del seno desciende 1 cm por debajo del paladar óseo y, además, el orificio de desembocadura del seno maxilar se sitúa muy por encima del mismo, lo que dificulta el drenaje de las secreciones acumuladas en su interior a consecuencia de una sinusitis.

El seno maxilar es muy rudimentario en el recién nacido: su desarrollo está muy relacionado con la erupción de los dientes permanentes.

La **sinusitis maxilar** es la más frecuente y la que tiende con más intensidad a cronificarse. Con la palpación del agujero infraorbitario se provoca un dolor vivo, por irritación del nervio infraorbitario que discurre por el techo del seno maxilar. La propagación de la infección a la órbita es una complicación que hay que tener en cuenta.

Como algunos dientes se encuentran bajo el suelo del seno, es posible que un absceso dental provoque una sinusitis maxilar. Hay que tener especial cuidado en la extracción de los dientes molares, ya que se puede provocar enclavamientos de las raíces dentales en el interior del seno, con perforación de la mucosa.

El cirujano puede acceder al seno maxilar por el vestíbulo de la boca: incide primero la mucosa de la encía superior, y luego trepana la pared anterior del seno.

Vascularización

La vascularización y la inervación de los senos etmoidales y esfenoidales ha sido descrita con las fosas nasales.

El **seno frontal** está irrigado por las **arterias supraorbitaria** y **etmoidal anterior,** ramas de la arteria oftálmica. La **linfa** es recogida por los **ganglios submandibulares.**

El **seno maxilar** recibe ramas de las **arterias alveolares superiores,** la **arteria infraorbitaria** y la **arteria palatina mayor.** La **linfa** drena en los **ganglios submandibulares.**

Inervación

El **seno frontal** está inervado por la **rama supraorbitaria** del nervio frontal.

El **seno maxilar** recibe ramas de los **nervios alveolares superiores** y de los **nervios alveolares superiores anteriores y medio,** que son ramas del nervio infraorbitario.

LARINGE

La **laringe**[1] es un órgano complejo, de forma tubular, que **conduce el aire** y que presenta unas paredes muy organizadas al servicio de la emisión del sonido laríngeo (**fonación**), que se convierte en voz articulada al pasar por la cámara de resonancia formada por la faringe, las fosas nasales y la boca, y someterse allí a los precisos movimientos del paladar, la lengua, las mejillas y los labios.

Desde este punto de vista, la laringe es un órgano de extraordinaria importancia para la comunicación y la conducta social del ser humano. Su movilidad y diseño hace de ella una estructura de singular relieve en el proceso de **deglución,** evitando el paso de alimento a las vías respiratorias inferiores (por esta función, se ha denominado a la laringe «guardián del pulmón»).

Existen variaciones de tamaño notables a partir de la pubertad; la laringe de la mujer es ligeramente más pequeña y estrecha, y las cuerdas vocales del varón tienen mayor longitud, lo que repercute en el tono de voz.

SITUACIÓN

La laringe se sitúa en el **espacio visceral del cuello,** donde ocupa una posición anterior (Fig. 9-9). Es muy accesible a la palpación, ya que por delante está cubierta únicamente por las fascias de los músculos de la región infrahiodea (el estudiante deberá familiarizarse con el reconocimiento de algunos cartílagos laríngeos, palpándolos entre sus dedos con el cuello en extensión). Inmediatamente por detrás, se encuentra la faringe, con la que comunica en su parte superior. Por debajo, se continúa con la tráquea. Proyectada sobre la columna vertebral, corresponde en el adulto a las vértebras C4 a C6. La laringe del recién nacido y hasta los 12 ó 18 meses tiene una posición más alta, proyectándose, en su parte superior, sobre el axis.

La ubicación de la laringe humana es más baja que la de los primates. El descenso ha tenido lugar de forma progresiva durante la evolución de los homínidos; gracias a esta posición más caudal, la cámara de resonancia es más amplia, algo fundamental para la emisión de fonemas específicos del habla humana. Análisis de reconstrucciones de la laringe, a partir de fósiles de homínidos, han permitido afirmar que *Australopitecus* tenía la laringe en posición alta, igual que los primates. Con *Homo erectus* comienza un descenso, que se acentúa en *Homo sapiens.* En *Homo sapiens neanderthalensis,* la laringe no era todavía lo suficientemente baja, interpretándose que su tracto vocal era incapaz de emitir los sondidos «a», «i», «u», que son fonemas comunes a todas las lenguas actualmente existentes; se ha sugerido que una comunicación más rudimenaria frente a *Homo sapiens* pudo ser un elemento de extinción de los neanderthales hace 40 000 años.

Sin embargo, el éxito evolutivo que supuso disponer de un aparato de fonación adecuado para el habla, ha tenido el inconveniente adaptativo de aumentar el riesgo de obstrucción del aparato respiratorio durante la deglución, riesgo inexistente en los actuales primates y en los bebés humanos, en los que la posición alta de la laringe les permite respirar al tiempo que beben o maman.

ESTRUCTURA

La laringe es un tubo de luz irregular cuyas paredes están formadas por piezas cartilaginosas unidas por articulaciones y membranas, músculos que mueven las articulaciones y un revestimiento mucoso interno.

Se expondrán sucesivamente: el esqueleto laríngeo, la cavidad laríngea y el dispositivo motor.

[1] Laringe, del griego *laryngos* = garganta.

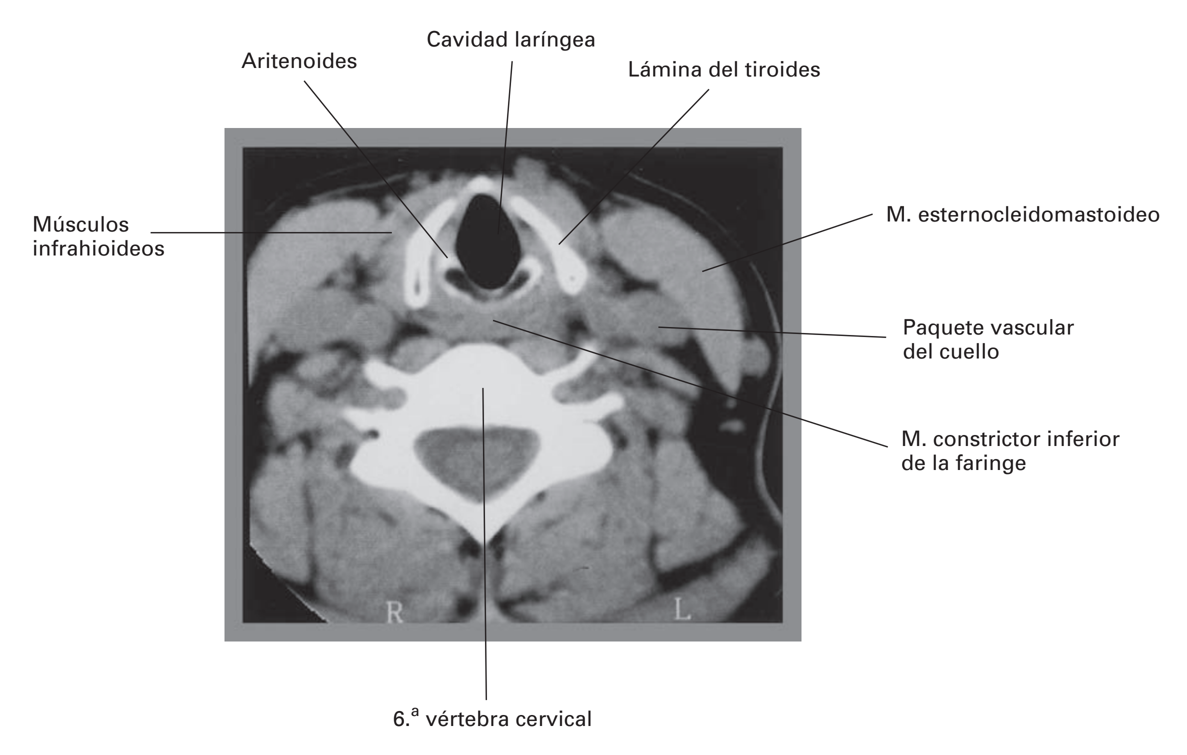


Figura 9-9. TC de cuello a nivel de C6, mostrando el espacio visceral del cuello donde se ubica la laringe.

Esqueleto laríngeo (cartílagos, articulaciones y ligamentos)

Cartílagos

Los cartílagos de la laringe constituyen el soporte arquitectónico. Hay unos *cartílagos principales* (**cricoides, tiroides, epiglótico** y **aritenoides**) y unos *cartílagos accesorios.* Éstos y el aritenoides son pares.

Los cartílagos principales se disponen de forma que el cricoides es el más inferior y sobre él descansan los demás; el tiroides se dispone por encima; detrás de él y sobremontándole, se encuentra el cartílago epiglótico; detrás de éstos y apoyados sobre el cricoides, se encuentran los cartílagos aritenoides (Fig. 9-10).

Cartílagos cricoides[2] (Fig. 9-12). Tiene forma de anillo de sello, con el aro (**arco cricoideo**) hacia delante y el sello (**lámina cricoidea**) orientado hacia atrás. El arco cricoideo forma la parte anterior y lateral del cricoides, y aumenta su altura en dirección a la lámina. La lámina cricoidea tiene forma de placa vertical y ocupa gran parte de la cara posterior de la laringe. En la superficie posterior de la lámina, hay una cresta media vertical, a cuyos lados quedan dos facetas ligeramente deprimidas. En los flancos de la unión entre la lámina y el arco, se encuentran dos facetas articulares, las **facetas tiroideas;** en el borde superior de la lámina y hacia la parte externa, se encuentran las **facetas articulares aritenoideas.**

Cartílago tiroides[3] (Fig. 9-11). Debe su nombre a su forma y disposición de escudo protector de gran parte de la laringe. Destaca por su mayor tamaño. Situado bajo el hueso hioides, tiene forma de libro abierto, con el lomo hacia delante. Las hojas del libro constituyen las **láminas derecha** e **izquierda,** de forma cuadrilátera, que convergen oblicuamente hacia delante, formando en el plano medio un ángulo diedro (*ángulo entrante del tiroides*) abierto hacia atrás y que se corresponde, en la superficie externa, con un relieve subcutáneo, la *prominencia laríngea* o *nuez de Adán,* la cual, pasada la pubertad, es más patente en el varón que en la mujer. Por encima de la prominencia laríngea, las láminas están separadas por la **escotadura tiroidea superior,** que tiene forma de «V» e interrumpe el borde superior redondeado del cartílago. En la superficie externa de las láminas, se encuentra una cresta de inserciones musculares, la **línea oblicua.** Los bordes posteriores de las láminas son robustos y se prolongan hacia arriba, por el **asta superior,** y hacia abajo, por el **asta inferior;** las astas inferiores disponen en su vértice de una carilla articular para el cartílago cricoides.

Cartílagos aritenoides[4] (Fig. 9-13). En número de dos, derecho e izquierdo, se disponen en la parte posterior de la laringe sobre la lámina cricoidea. Tienen forma de pirá-

[2] Cricoides, del griego *krikos* = anillo.

[3] Tiroides, del griego *thyreos* = escudo; procedente de *thyra* = puerta cerrada que se usaba como escudo.

[4] Aritenoides, del griego *arytaina* = jarro con un lado de la boca prolongado en forma de lengua para verter el líquido.

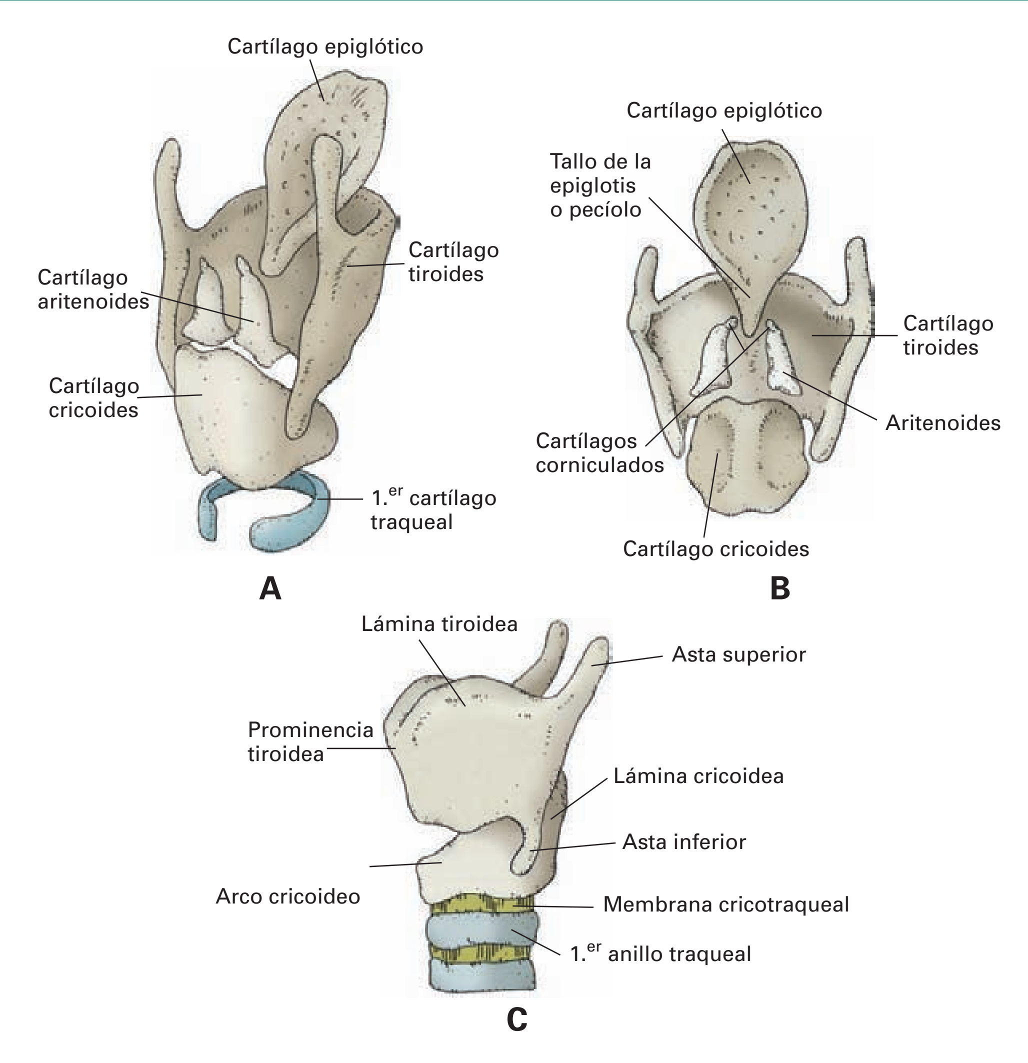


Figura 9-10. Montajes esquemáticos de la disposición de los cartílagos laríngeos desarticulados. (A) Visión posterolateral. (B) Visión posterior. (C) Visión lateral.

mide alargada, con una base inferior, un vértice y tres caras: anteroexterna, interna y posterior. La **base** está excavada y presenta una **faceta articular** para la faceta aritenoidea del cricoides. Se prolonga en sentido anterointerno por un relieve puntiagudo, **la apófisis vocal,** y en sentido posteroexterno, por la **apófisis muscular.** El **vértice** se dobla ligeramente hacia dentro y se une a los **cartílagos corniculados,** pequeños nódulos que culminan la punta del aritenoides. Las **caras posterior** e **interna** son lisas y verticales. La **cara anteroexterna** está surcada por la **cresta arqueada,** que separa dos territorios deprimidos, la **fosita inferior,** oblonga, y la **fosita superior,** triangular.

Cartílago epiglótico (Fig. 9-10). Ocupa la parte anterior y superior de la laringe, formando el esqueleto elástico y flexible de la epiglotis. Se sitúa por detrás del cartílago tiroides, al que desborda ampliamente, para subir por detrás del hueso hioides hasta la raíz de la lengua. Tiene forma de hoja, con el pecíolo (**tallo de la epiglotis**) unido al ángulo entrante del tiroides por el **ligamento tiroepiglótico** (Fig. 9-14). El extremo superior es redondeado y libre. El aspecto es de una hoja ligeramente plegada, de modo que, comtemplada desde el interior de la laringe, aparece con los bordes laterales dirigidos hacia atrás y con una forma convexo-cóncava en sentido craneocaudal. Tiene un aspecto perforado, por la presencia de depresiones para alojar glándulas mucosas.

Los **cartílagos accesorios** son pequeños nódulos cartilaginosos, inconstantes, que se encuentran repartidos por la laringe en distintas posiciones (véase más adelante), y que son: el ya mencionado **cartílago corniculado,** el **cuneiforme** y los **sesamoideos.**

Los cartílagos tiroides, cricoides y aritenoides son de naturaleza *hialina,* y el cartílago epiglótico es *elástico.* Los cartílagos laríngeos tienden a osificarse con el paso de los años, observándose como zonas de calcificación y osificación en las radiografías; la osificación del tiroides comienza en la pubertad.

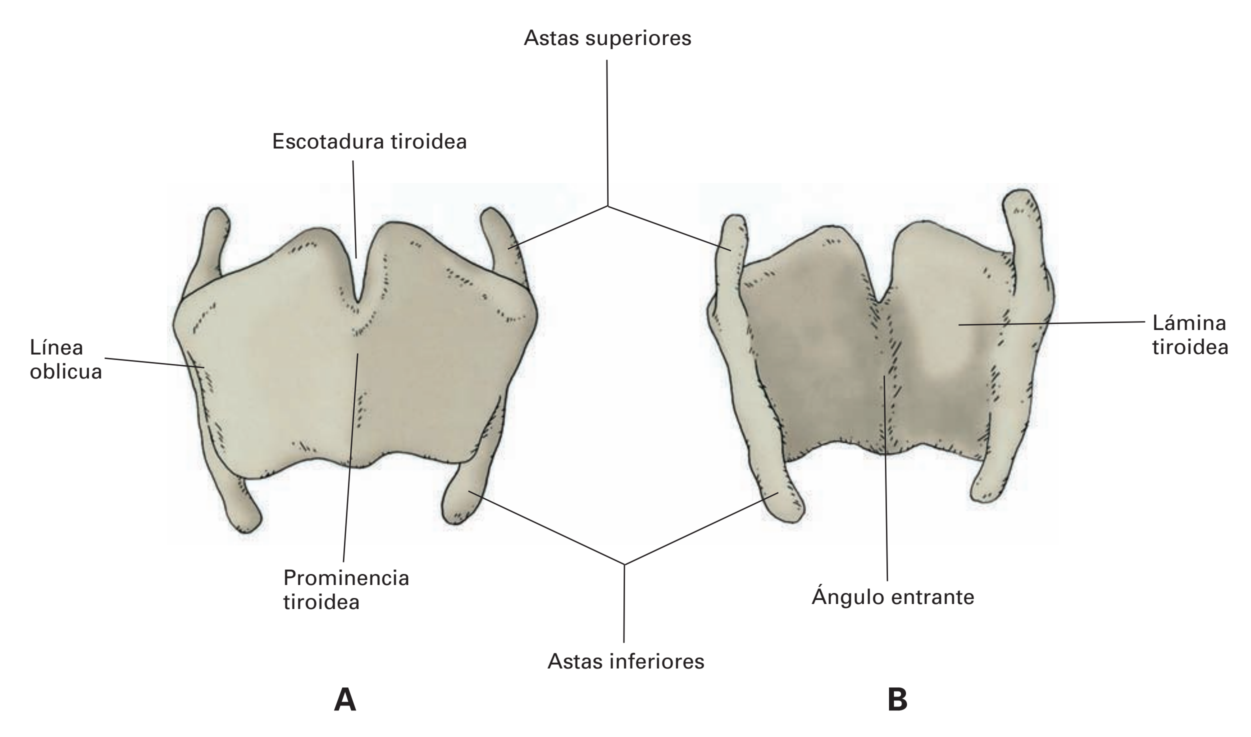


Figura 9-11. Cartílago tiroides. (A) Visión anterior. (B) Visión posterior.

Conexiones de los cartilagos entre sí

Los cartílagos tiroides, cricoides y aritenoides están unidos entre sí por articulaciones sinoviales y un complejo ligamentoso.

Articulaciones laríngeas (Fig. 9-14)

Las **articulaciones cricotiroideas** se establecen entre las facetas del asta menor del tiroides y las facetas tiroideas de la placa cricoidea, unidas por un cápsula fibrosa. Es una articulación de superficies planas, que permite ligeros deslizamientos, pero el hecho de funcionar al unísono las de los dos lados, hace que se mueva en conjunto como una polea que bascula sobre un eje transversal.

Las **articulaciones cricoaritenoideas** se establecen entre la faceta cóncava de la base del aritenoides y la superficie convexa aritenoidea de la lámina del cricoides. La cápsula articular está reforzada por detrás por el potente **ligamento cricoaritenoideo posterior.**

La articulación se mueve como un trocus que permite giros del aritenoides sobre un eje verical, al que se asocian deslizamientos que aproximan o separan los aritenoides entre sí (véase más adelante).

El juego de estas articulaciones es esencial para los movimientos que permiten la fonación y la respiración.

Complejo ligamentoso

Está constituido por el ligamento cricotiroideo medio y la membrana fibroelástica de la laringe.

El **ligamento cricotiroideo medio** (Fig. 9-15) es un haz fibroso y resistente, situado en la parte anterior de la laringe, entre el arco del cricoides y el borde inferior del hioides.

Es muy accesible y palpable bajo la piel, como una zona blanda entre los cartílagos.

La **membrana fibroelástica de la laringe** es un armazón de tejido conectivo entre los cartílagos laríngeos, situada por dentro de ellos, por fuera de la mucosa. Es en realidad la submucosa de la laringe que presenta engrosamientos de tejido en algunas zonas. Se distinguen dos partes: una superior, la membrana cuadrangular, y otra inferior, el cono elástico.

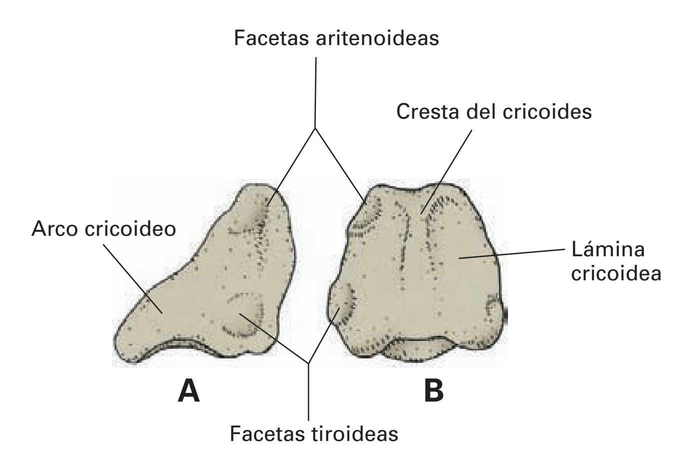


Figura 9-12. Cartílago cricoides. (A) Visión lateral. (B) Visión posterior.

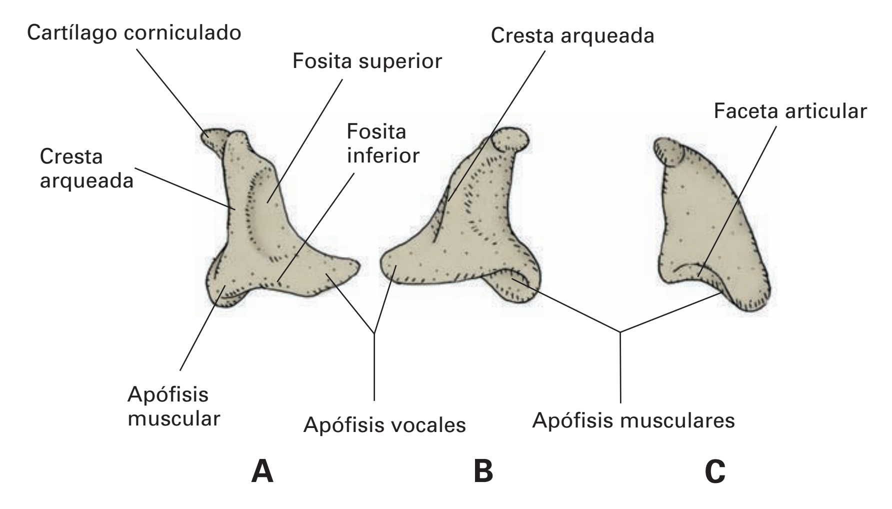


Figura 9-13. Cartílago aritenoides derecho. (A) Cara anterolateral. (B) Cara medial. (C) Cara posterior.

La **membrana cuadrangular** (Fig. 9-16) se sitúa profundamente a las láminas del tiroides, y se extiende por delante hasta la epiglotis y por detrás hasta el aritenoides. Su borde libre superior contribuye a formar el repliegue aritenoepiglótico, y su borde inferior, engrosado, constituye el **ligamento vestibular,** que se extiende desde el ángulo entrante del tiroides hasta la fosita inferior del aritenoides, en el espesor de la cuerda vocal superior.

El **cono elástico** (Fig. 9-16) está mejor definido que la membrana cuadrangular. Se dispone por detrás y a los lados del ligamento cricotiroideo medio, del que parece su continuación. Contribuye a cerrar la ventana cartilaginosa que queda a los lados entre el cricoides y las láminas del tiroides. Por abajo, se inserta en el arco cricoideo, y por arriba es libre y está engrosado, formando el **ligamento vocal,** que se extiende en el espesor de la cuerda vocal inferior, entre el ángulo entrante del tiroides y la apófisis vocal del aritenoi-

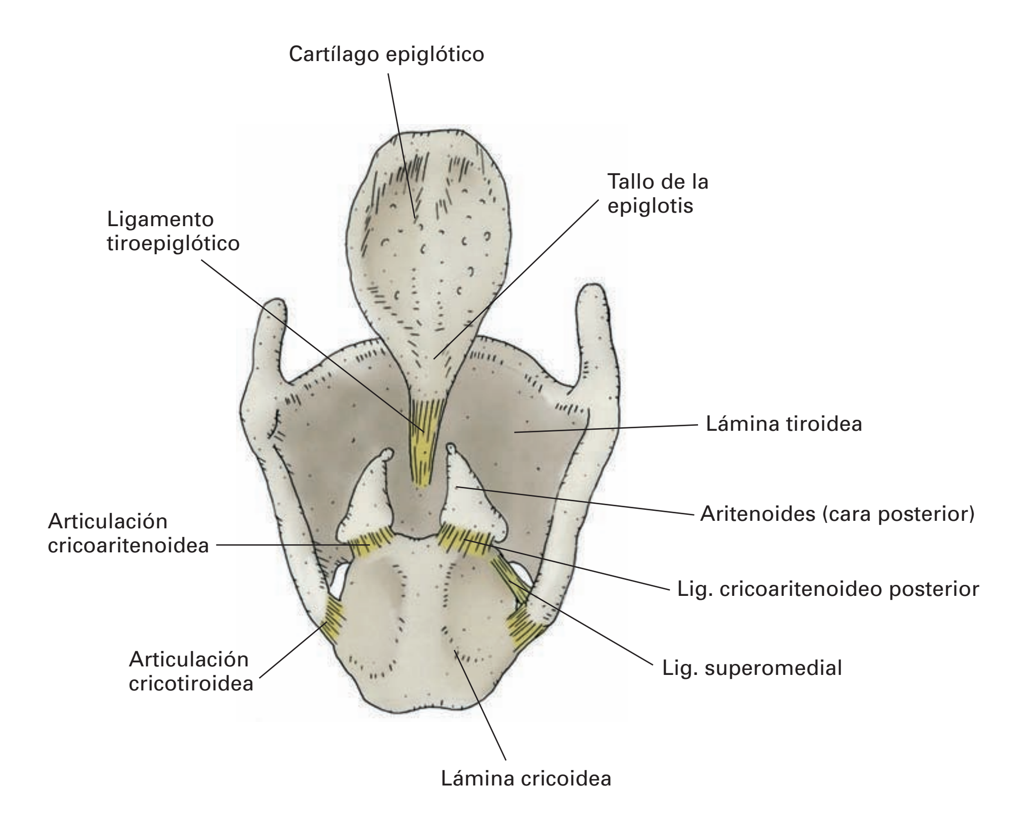


Figura 9-14. Visión posterior de los cartílagos. Articulaciones y ligamentos de la laringe.

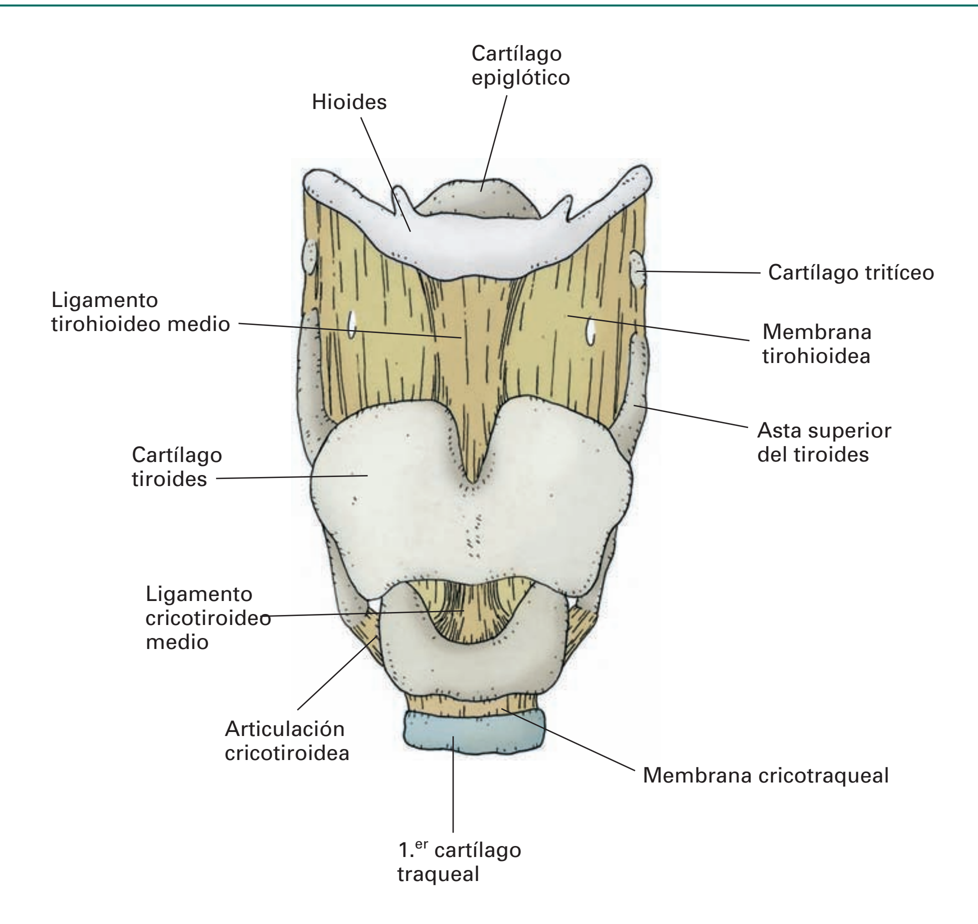


Figura 9-15. Visión anterior de los cartílagos. Ligamentos y membranas de unión de la laringe.

des. (Algunos llaman al cono elástico ligamento cricotiroideo o ligamento cricotiroideo lateral, y engloban como cono elástico, a un complejo formado por el ligamento cricotiroideo, el ligamento cricotiroideo medio y el ligamento vocal).

Medios de fijación de la laringe

La laringe está unida a la raíz de la lengua, a la faringe y a la tráquea, conexiones que determinan la repercusión respectiva de los movimientos de estas estructuras, de particular interés en la deglución y la fonación.

Las conexiones con la raíz de la lengua se realizan mediante los **ligamentos glosoepiglóticos** (véase Lengua) y las conexiones con el hioides.

La laringe está conectada al hioides mediante la membrana tirohioidea y el ligamento hioepiglótico. La **membrana tirohioidea** (Fig. 9-15) une el borde superior del tiroides con el cuerpo y las astas mayores del hioides, llenando el espacio entre ambos elementos.

Por delante está engrosada, formando el **ligamento tirohioideo medio;** su borde posterior, libre, está también reforzado, formando el ligamento tirohioideo lateral, en cuyo espesor se encuentra frecuentemente un pequeño nódulo, el **cartílago tritíceo**[5].

El **ligamento hioepiglótico** (Fig. 9-16) es una banda de tejido conectivo que se encuentra entre la cara anterior de la epiglotis y el hioides. Este ligamento cierra por arriba un espacio celuloadiposo situado entre la epiglotis y la membrana tirohioidea **cuerpo adiposo preepiglótico**; esta almohadilla grasa desplaza la epiglotis hacia atrás cuando, en la deglución, la laringe asciende hasta la base lingual (véase Deglución).

Las conexiones con la faringe se realizan mediante la fascia faríngea y el músculo constrictor inferior.

La laringe está unida a la tráquea por el **ligamento cricotraqueal** que, desde el arco cricoideo al primer anillo traqueal, establece la continuidad entre estos dos órganos (Figs. 9-10 y 9-15).

Los músculos infrahioideos profundos (esternotiroideo y tirohioideo) contribuyen a la fijación de la laringe.

> El esqueleto laríngeo puede fracturarse (roturas de los cartílagos tiroides, cricoides, etc.) como consecuencia de golpes en el cuello, especialmente en accidentes de coche que provocan el choque del cuello sobre el volante.

---

[5] Tritíceo, del latín *triticum* = grano de trigo.

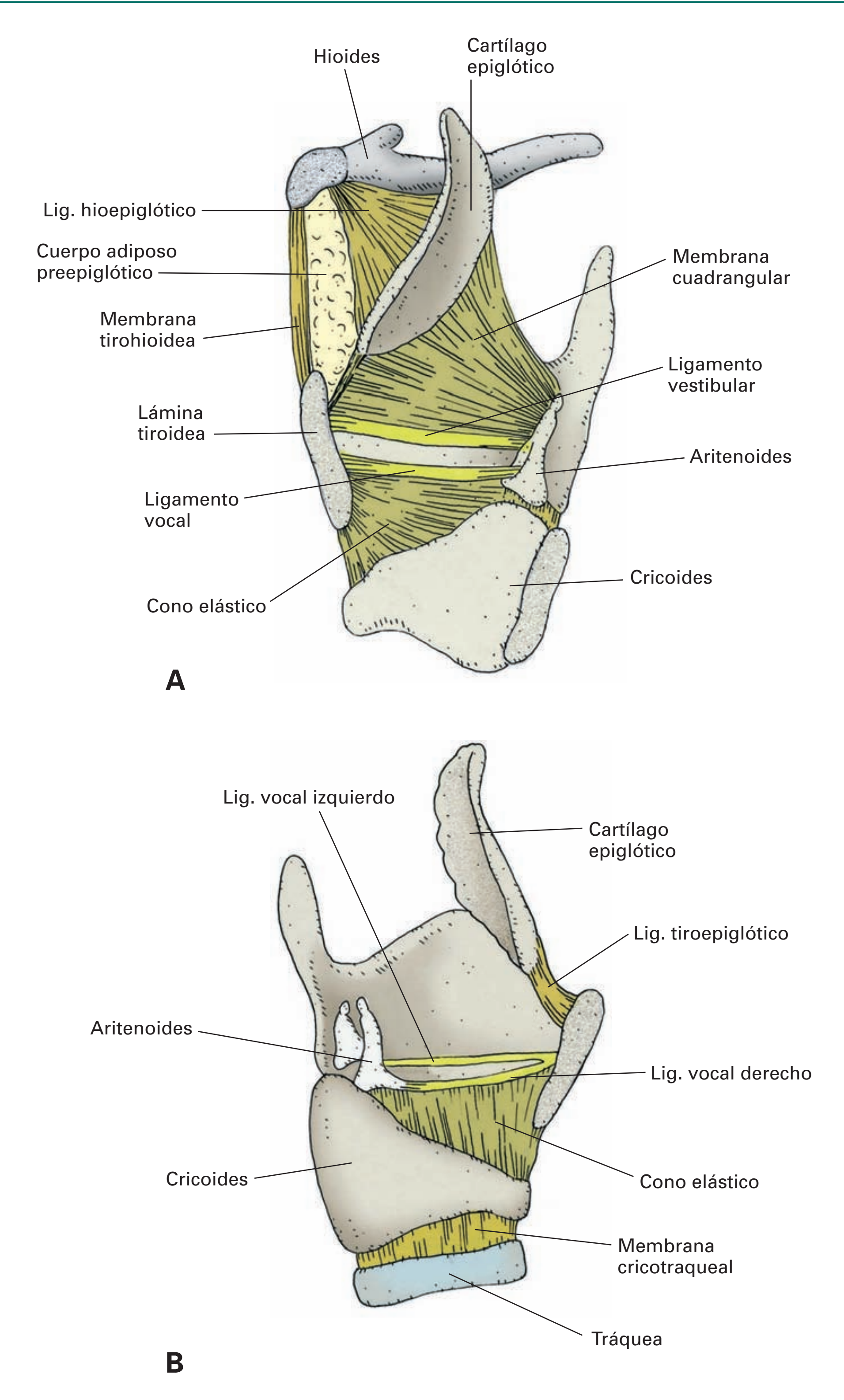


Figura 9-16. Representación esquemática de la membrana elástica. (A) Sección sagital de la laringe para mostrar la membrana elástica desde el interior después de disecar la mucosa. (B) Disección de la laringe mostrando el cono elástico derecho tras seccionar la lámina derecha del cartílago tiroides.

La cavidad laríngea

Por dentro del armazón fibrocartilaginoso de la laringe, se dispone la mucosa laríngea, que reviste el interior del órgano.

Cuando se abre longitudinalmente la laringe y se separan las dos mitades hacia los lados, se puede apreciar que la luz no es uniforme (Fig. 9-17). Igualmente sucede cuando se abre frontalmente la laringe y se observa desde atrás la cavidad (Fig. 9-18). Hacia la parte media, y a cada lado, se encuentran dos relieves superpuestos: uno superior, el **pliegue vestibular** (*cuerda vocal superior* o *superior*) y otro inferior, el *pliegue vocal* (cuerda vocal inferior o verdadera). Por su uso en clínica, nos referimos siempre al pliegue vocal como **cuerda vocal.** Dos líneas horizontales trazadas por estos pliegues dividen la cavidad laríngea en tres pisos: superior, medio e inferior.

Piso superior (vestíbulo de la laringe). Es el espacio comprendido entre la **entrada a la laringe,** o «*aditus laryngis*», y los pliegues vestibulares. Tiene forma de embudo, con una parte posterior mucho más corta que la anterior, por lo que la entrada a la laringe desde la faringolaringe es muy oblicua. La entrada a la laringe tiene forma de anillo formado, por delante, por el borde superior de la epiglotis, por detrás, por la mucosa que cubre los cartílagos corniculados y la hendidura interaritenoidea, y a los lados, por los **pliegues aritenoepiglóticos,** borde cubierto de mucosa tendido entre el borde lateral de la epiglotis y el vértice de los aritenoides; en este pliegue se encuentra el **tubérculo cuneiforme,** formado por el cartílago del mismo nombre o, en su ausencia, por glándulas mucosas. La pared anterior del vestíbulo está formada por la epiglotis; la pared posterior, por la mucosa que cubre los aritenoides; entre ambos cartílagos la mucosa presenta un pliegue interaritenoideo, que se forma cuando se contrae el músculo aritenoideo transverso, y contribuye a cerrar la porción cartilaginosa de la glotis (véase más adelante); las paredes laterales corresponden a la mucosa que reviste la membrana cuadrangular.

El **piso medio** está limitado, por arriba, por un plano que une los **pliegues vestibulares** y, por abajo, por un plano que pasa por los **pliegues vocales.** En el espesor de los pliegues vestibulares se encuentra el ligamento vestibular, y en el espesor de los pliegues vocales se encuentran el ligamento vocal y el músculo vocal (véase más adelante).

Entre los pliegues vestibulares queda la **hendidura vestibular,** y el espacio comprendido entre los pliegues vocales es la **glotis** o **hendidura glótica**[6], que es la zona más estrecha de la laringe, en razón del mayor grosor de los

[6] Glotis, del griego *glotis* = lengüeta de una flauta.

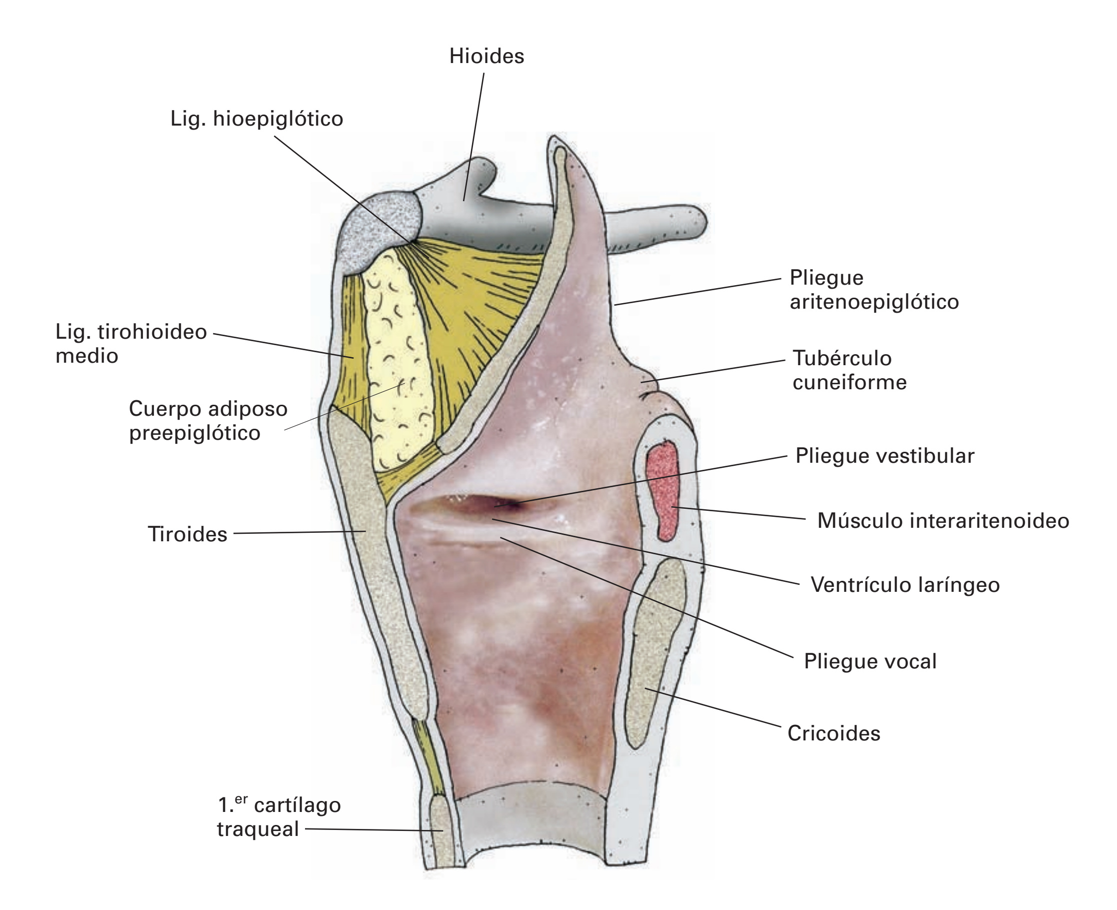


Figura 9-17. Sección sagital de la laringe para mostrar la cavidad laríngea. Mitad derecha del corte.

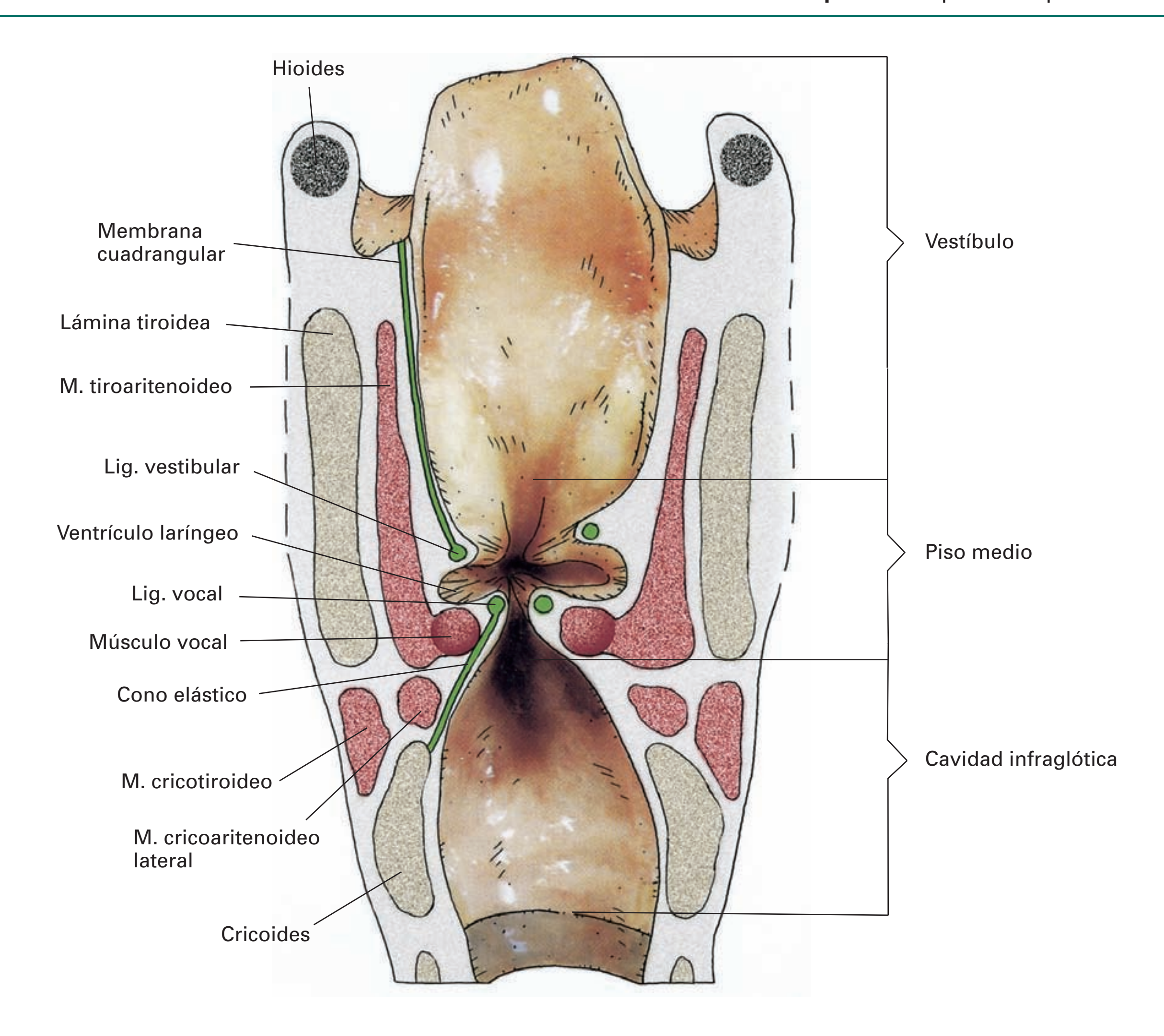


Figura 9-18. Sección frontal de la laringe para mostrar la cavidad laríngea y la organización estructural de sus paredes. Mitad anterior del corte.

pliegues vocales con respecto a los vestibulares. La glotis tiene dos partes: una posterior, corta, la **glotis intercartilaginosa,** que es el espacio entre las apófisis vocales de los aritenoides, y otra anterior, la **glotis interligamentosa.** A cada lado, entre los pliegues vestibular y vocal, la mucosa está deprimida, formando el **ventrículo laríngeo** (*ventrículo de Morgagni*)[7], que suele prolongarse hacia arriba por un pequeño **sáculo laríngeo.**

El **piso inferior** (**cavidad infraglótica**) queda comprendido entre la glotis y el borde inferior del cricoides continuándose con la tráquea. Sus paredes corresponden al cricoides, al cono elástico y al ligamento cricotiroideao medio.

Ésta es la región donde, en situaciones de extrema urgencia, se puede practicar la **coniotomía** (incisión del ligamento cricotiroideo medio) cuando un cuerpo extraño que ha penetrado en la vía respiratoria ha quedado retenido en la estrechez de la glotis (Fig. 9-19). Ante la asfixia inminente, se procede de la siguiente manera: con el cuello en hiperextensión, se palpan los cartílagos tiroides y cricoides, y con cualquier instrumento cortante (incluso una navaja), se hace una incisión cutánea paralela entre ambos cartílagos; luego se incide horizontalmente el ligamento cricotiroideo medio y el cono elástico y se introduce un tubo permeable para mantener abierta la vía. Esta intervención debe completarse más tarde con una traqueotomía, y no debe realizarse en niños.

La **mucosa** está formada por un *epitelio cilíndrico* y *ciliado,* con excepción de la parte alta de la epiglotis y de las cuerdas vocales, donde es un *epitelio plano estratificado* y *no queratinizado.* Excepto en las cuerdas vocales, la mucosa tiene abundantes **glándulas** cuya secreción lubrifica la pared y baña las cuerdas, protegiéndolas de la sequedad.

[7] Giovanni Battista Morgagni (1682-1771), anatomista italiano, profesor de la Universidad de Padua. Se le considera el padre de la Patología por sus observaciones de órganos enfermos en los cadáveres.

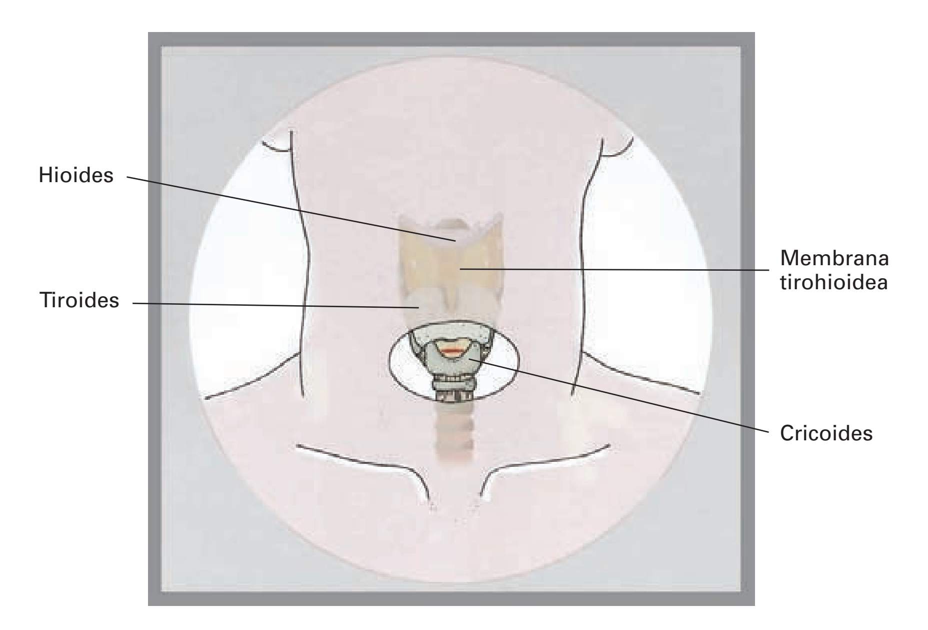


Figura 9-19. Proyección de la laringe sobre el cuello para indicar el lugar de incisión de la coniotomía (*trazo rojo*).

La mucosa se adhiere laxamente a la membrana fibroelástica circundante, circunstancia que permite en algunos casos la formación de una inflamación edematosa (**edema de glotis**) que puede provocar asfixia, como sucede en algunas reaccciones alérgicas graves. Aunque se denomina edema de glotis, el edema se produce en el vestíbulo, ya que en la región de las cuerdas vocales la adherencia de la mucosa al ligamento vocal es muy firme.

En el vestíbulo, la mucosa es muy sensible, originándose un reflejo de tos inmediata al menor contacto con un cuerpo extraño.

El interior de la laringe se observa mediante la exploración laringoscópica (Fig. 9-20). El procedimiento más habitual e inmediato es la **laringoscopia indirecta,** que se realiza con un espejo de laringoscopia, que se introduce en la orofaringe al tiempo que se tracciona la lengua con una gasa, al objeto de crear espacio. Con la lámpara frontal, se ilumina el espejo y se refleja la **imagen laringoscópica.**

Se observará un círculo externo, formado por la entrada a la laringe, y en el interior del círculo, se verán los pliegues vestibulares de color rosáceo y, más medialmente, las cuerdas vocales, de aspecto nacarado. Se podrán apreciar los movimientos de la glotis; cuando ésta está muy abierta, se verá al fondo el interior de la tráquea. A los lados de la entrada laríngea, se observarán los senos piriformes.

La laringoscopia proporciona una información valiosa sobre afecciones laríngeas: cambios de color en inflamaciones (**laringitis**), presencia de tumores, etc. En los casos de laringitis, el paciente tiene una tos irritativa y ronquera.

Actualmente, los especialistas utilizan mucho la **laringoscopia directa,** consistente en visualizar el interior de la laringe penetrando en su cavidad con un tubo endoscópico asociado a una lupa binocular. Este sistema permite, al mismo tiempo, realizar intervenciones quirúrgicas menos cruentas.

Dispositivo motor

La laringe cuenta con un dispositivo de músculos al servicio de sus movimientos. Un grupo de músculos es extrínseco a la laringe (músculos infrahioideos y suprahioideos), y contribuye a los movimientos de ascenso y descenso que acompañan a la deglución.

Otro grupo muscular se dispone formando parte de la estructura de las paredes laríngeas (músculos intrínsecos), y son los que se describirán aquí.

Músculos intrínsecos. Se disponen en dos grupos funcionales: uno al servicio de la dinámica del vestíbulo de la laringe y otro al servicio de la dinámica de la glotis.

Grupo funcional al servicio de la glotis: **músculos cricoaritenoideo posterior, criaritenoideo lateral, aritenoideo transverso, aritenoideo oblicuo, tiroaritenoideo, vocal** y **cricotiroideo.**

Grupo funcional al servicio de la apertura y cierre de la entrada a la laringe: **músculos aritenoepiglótico** y **tiroepiglótico.**

Músculo cricotiroideo (Fig. 9-21 A y B): se sitúa entre el cricoides y el tiroides, en la parte externa de la laringe. Se origina en la superficie externa del arco del cricoides y termina en el borde inferior del cartílago tiroides. Entre ambos músculos cricotiroideos queda una

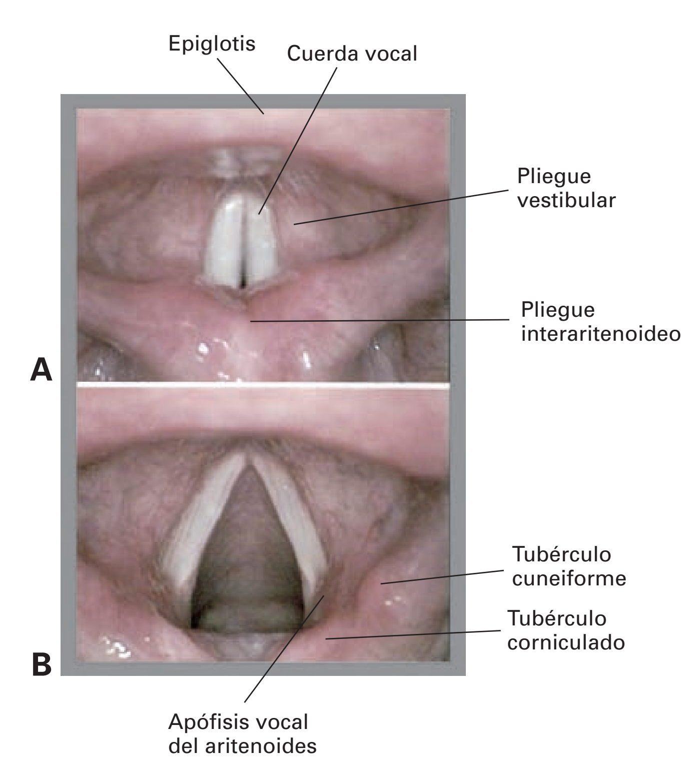


Figura 9-20. Imagen laringoscópica. (A) Glotis cerrada. (B) Glotis abierta. (Cortesía del Dr. Alfonso Borragán.)

ventana muscular cerrada por el ligamento cricotiroideo medio.

Músculo cricoaritenoideo posterior (Fig. 9-21 C y E): es un músculo triangular situado por detrás de la lámina del cricoides. Se origina ampliamente en la cara posterior de la lámina cricoidea y termina estrechándose en la apófisis muscular del aritenoides.

Músculo aritenoideo lateral (Fig. 9-21 C y D): se sitúa por fuera del cono elástico, cubierto externamente por el músculo cricotiroideo y las láminas del tiroides, que es preciso resecar parcialmente para poderlo ver. Se origina en el borde superior del arco cricoideo y termina en la apófisis muscular del aritenoides.

Músculo aritenoideo transverso (Fig. 9-21 E): es un conjunto de fibras de dirección transversal que unen entre sí las caras posteriores de los cartílagos aritenoides en las cuales se inserta.

Músculo aritenoideo oblicuo (Fig. 9-21 E): se sitúa inmediatamente por detrás del aritenoideo transverso, y está formado por dos fascículos que se cruzan en forma de aspa.

Cada fascículo se origina en una apófisis muscular del aritenoides y termina en el vértice del aritenoides contralateral. Algunas fibras penetran en el pliegue aritenoepiglótico, formando el **músculo aritenoepiglótico**.

Músculo tiroaritenoideo (Fig. 9-21 C y D): ocupa la parte lateral de los pisos medio y vestibular de la laringe, por fuera de la membrana cuadrangular y por encima del músculo cricoaritenoideo lateral. Se origina en el ángulo entrante del tiroides y termina en la cara anteroexterna del aritenoides. Algunas fibras continúan hasta el borde de la epiglotis, formando el **músculo tiroepiglótico.**

Músculo vocal (Fig. 9-21 D): se sitúa en el espesor del pliegue vocal, tapizando externamente el ligamento vocal. Considerado por algunos un haz profundo del músculo tiroaritenoideo, tiene entidad anatómica y funcional para ser descrito individualmente. Se origina en el ángulo entrante del tiroides y termina en la apófisis vocal y la fosita inferior del aritenoides; en su trayecto, va dando fibras para el ligamento vocal, que se comporta, en cierto modo, como un tendón del músculo (Fig. 9-22).

Dinámica funcional

a) **El grupo de músculos del vestíbulo laríngeo** actúa como un mecanismo protector de la vía respiratoria durante la deglución. **Los músculos aritenoideos oblicuos** y **aritenoepiglóticos** forman una unidad funcional que cierra la entrada a la laringe como si fuera un esfínter, ya que aproxima entre sí las paredes del vestíbulo durante la deglución. Los **músculos tiroepiglóticos** abren la entrada laríngea volteando la epiglotis hacia delante.

b) **El grupo funcional al servicio de los movimientos de la glotis** es esencial en la respiración y en la fonación. La glotis se dinamiza gracias a los movimientos de las cuerdas vocales consistentes en separación, aproximación y cambios de tensión; estos movimientos se realizan en las articulaciones laríngeas y provocan la apertura, el cierre, la tensión o la relajación de las cuerdas vocales.

La **glotis en reposo** (durante la respiración tranquila y en silencio) adopta una forma triangular en la parte interligamentosa y rectangular en la parte intercartiliaginosa, por encontrarse en paralelo las apófisis vocales (Fig. 9-23 B).

Apertura de la glotis. Este movimiento se realiza en las **articulaciones cricoaritenoideas,** que giran sobre un eje vertical que recorre el aritenoides (Fig. 9-23 A y C). Las apófisis musculares rotan hacia atrás y hacia dentro, arrastrando las apófisis vocales hacia fuera y hacia atrás; a consecuencia de este movimiento, la glotis adopta una forma romboidal. Esta apertura es realizada por el **músculo cricoaritenoideo posterior** (único músculo que interviene en este importante movimiento), el cual, tomando punto fijo en las láminas del cricoides, actúa sobre las apófisis musculares del aritenoides.

Durante la inspiración intensa, la glotis se abre al máximo.

Cierre de la glotis. Este movimiento se lleva a cabo en las **articulaciones cricoaritenoideas.** Es un doble proceso: por un lado, el giro contrario al de la apertura de los aritenoides, de modo que las apófisis musculares se dirigen hacia delante y hacia dentro juntando las apófisis vo-

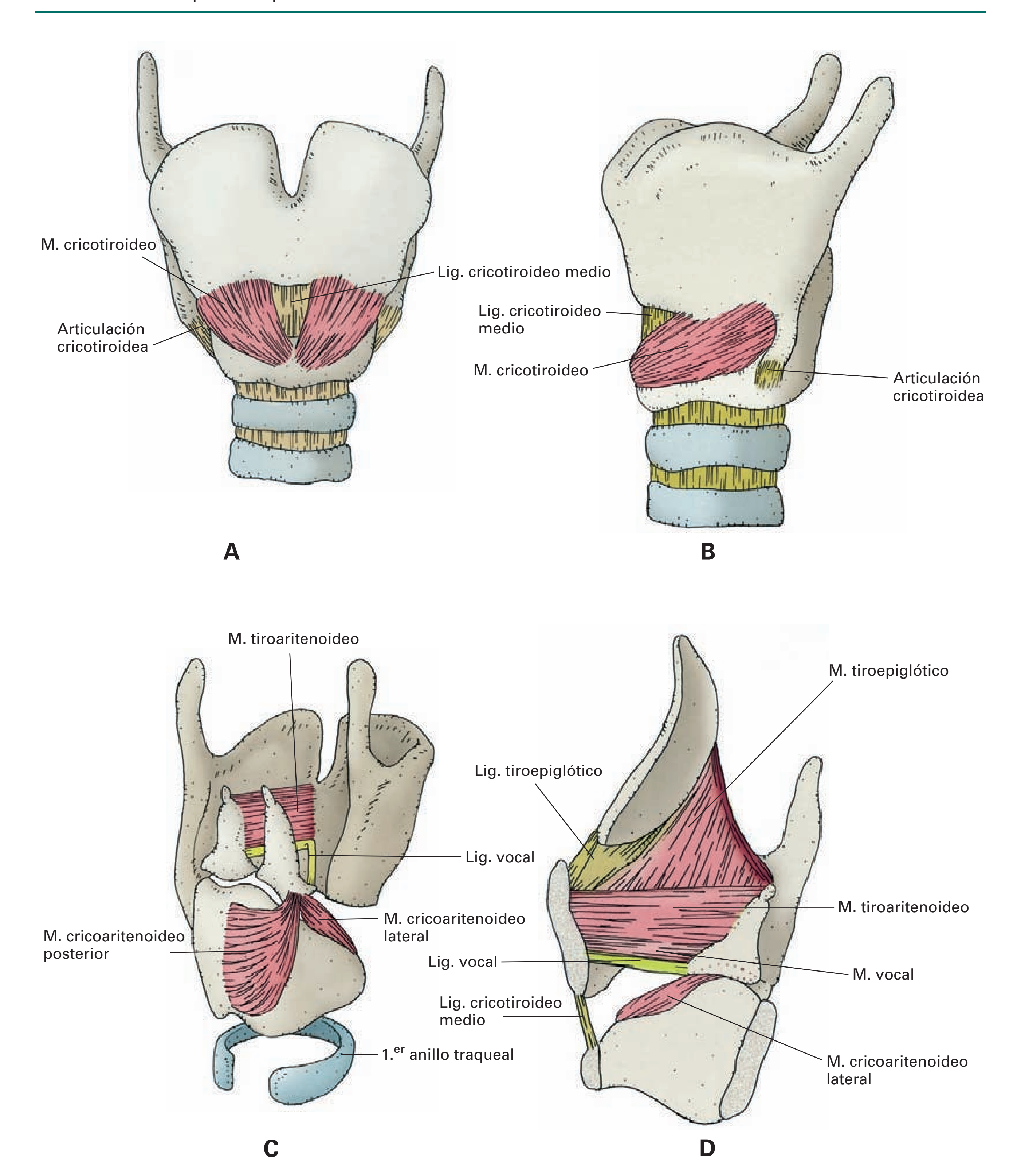


Figura 9-21. Músculos intrínsecos de la laringe. (A) Visión anterior. (B) Visión lateral. (C) Visión posterolateral (la mitad inferior de la lámina derecha del tiroides ha sido resecada). (D) Sección sagital mostrando desde el interior músculos del lado derecho.

Continúa

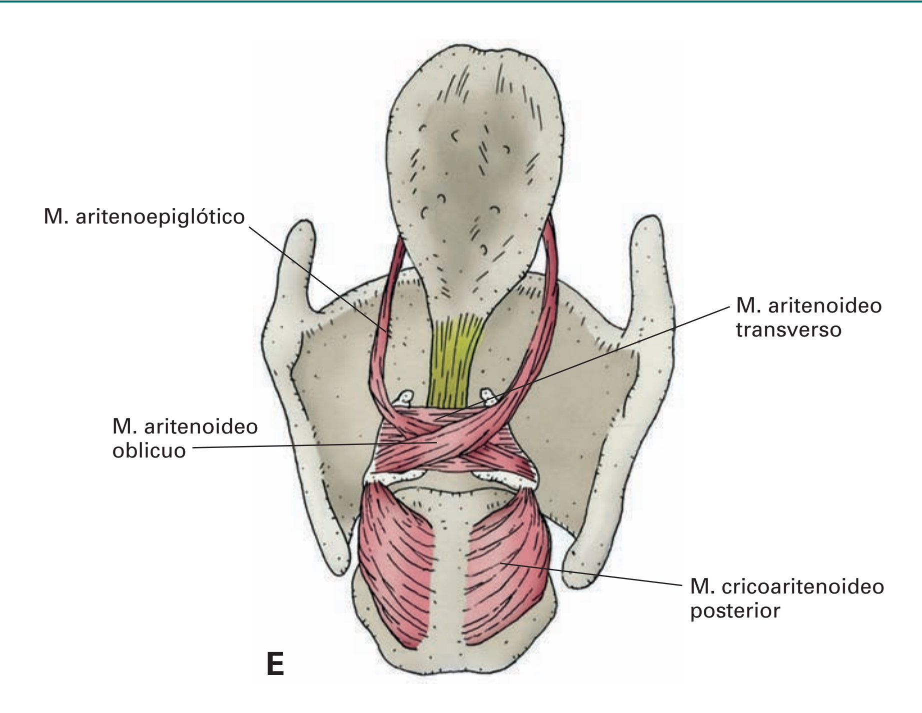


Figura 9-21. Músculos intrínsecos de la laringe (*cont.*). (E) Visión posterior.

cales y provocando el cierre de la porción interligamentosa (Fig. 9-23 A y D); por otro lado, hay un deslizamiento de los aritenoides hacia la línea media, obliterando la glotis intercartilaginosa (Fig. 9-23 E).

Los músculos agonistas de este cierre son varios: **cricoaritenoideo lateral, aritenoideo transverso** y **tiroaritenoideo.** El cricoaritenoideo lateral toma punto fijo en el cricoides y rota el aritenoides. El tiroaritenoideo contribuye a esta acción de forma secundaria. El aritenoideo transverso aproxima los aritenoides.

Cambios de tensión de las cuerdas vocales inferiores. Se deben a movimientos de báscula que se realizan en las **articulaciones cricotiroideas,** que se mueven conjuntamente en torno a un eje transversal (Fig. 9-24). Estos movimientos van a provocar cambios en la distancia entre el ángulo entrante del tiroides y los aritenoides.

La tensión de las cuerdas vocales es producida por el **músculo cricotiroideo,** que puede actuar de dos formas para aumentar la distancia tiroides-aritenoides: puede tomar punto fijo en el cricoides y pivotear el tiroides hacia delante y hacia abajo (Fig. 9-24 A); en este caso, el músculo cricofaríngeo realiza una sinergia fijadora de la lámina cricoidea, y los músculos cricoaritenoideos posteriores de los aritenoides. O bien, puede tomar punto fijo en el cartílago tiroides, y movilizar la lámina cricoidea hacia atrás y hacia abajo arrastrando los aritenoides (Fig. 9-24 B); el tiroides es fijado por la acción sinérgica de los músculos tirohioideo y esternotiroideo.

Cuando las cuerdas vocales están tensas, puede actuar el **músculo vocal** que, contrayéndose, produce pequeños ajustes tensionales y cambios de masa en las cuerdas.

Esta acción es decisiva en la regulación de la columna de aire para la modulación del sonido laríngeo.

La relajación de las cuerdas vocales se produce por la acción del **músculo tiroaritenoideo,** el cual, al aproximar los aritenoides al tiroides, produce un adelgazamiento de los pliegues vocales (Fig. 9-24 C).

Todos estos movimientos contribuyen a la regulación de la presión del aire espirado, provocando el sonido laríngeo. La columna de aire que sale del fuelle pulmonar hace vibrar las cuerdas vocales (fonación), e incidirá sobre la caja de resonancia que suponen la faringe, la boca, el paladar, la lengua y los labios, y cuya musculatura, regulada por el sistema nervioso, provocará las modificaciones específicas que determinan la voz humana.

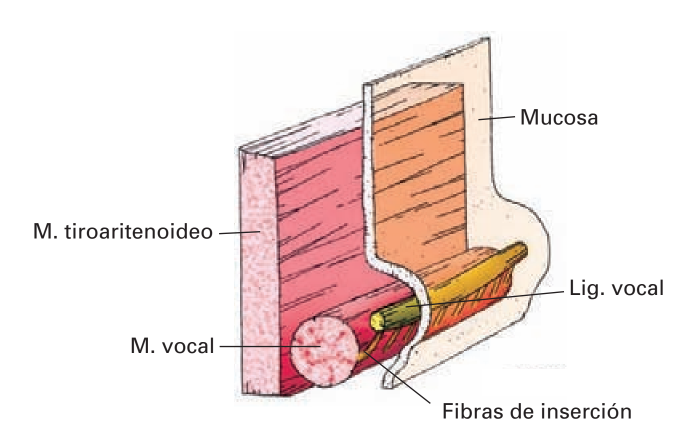


Figura 9-22. Esquema de la organización estructural de una cuerda vocal. En la mitad anterior, la mucosa aparece transparentada, y en la mitad posterior, ha sido seccionada.

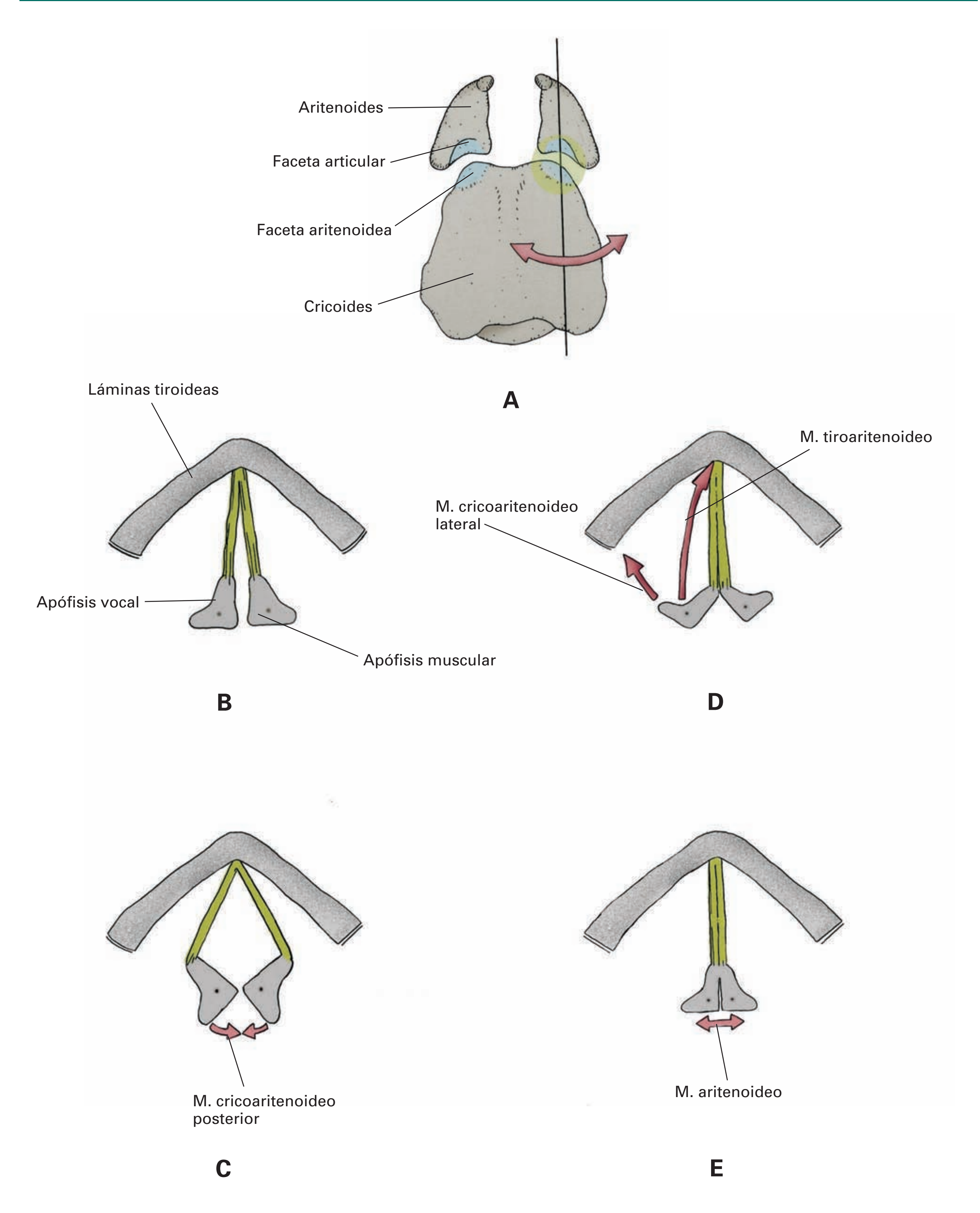


Figura 9-23. Dinámica de la glotis. (A) Visión posterior de las articulaciones cricoaritenoideas mostrando el eje vertical de giro de los aritenoides sobre el cricoides. Resto de imágenes: visiones superiores esquemáticas de la glotis, cuerda vocal en verde. (B) Glotis en reposo. (C) Glotis abierta. (D) Glotis cerrada con giro de los aritenoides. (E) Glotis cerrada con aproximación de los aritenoides.

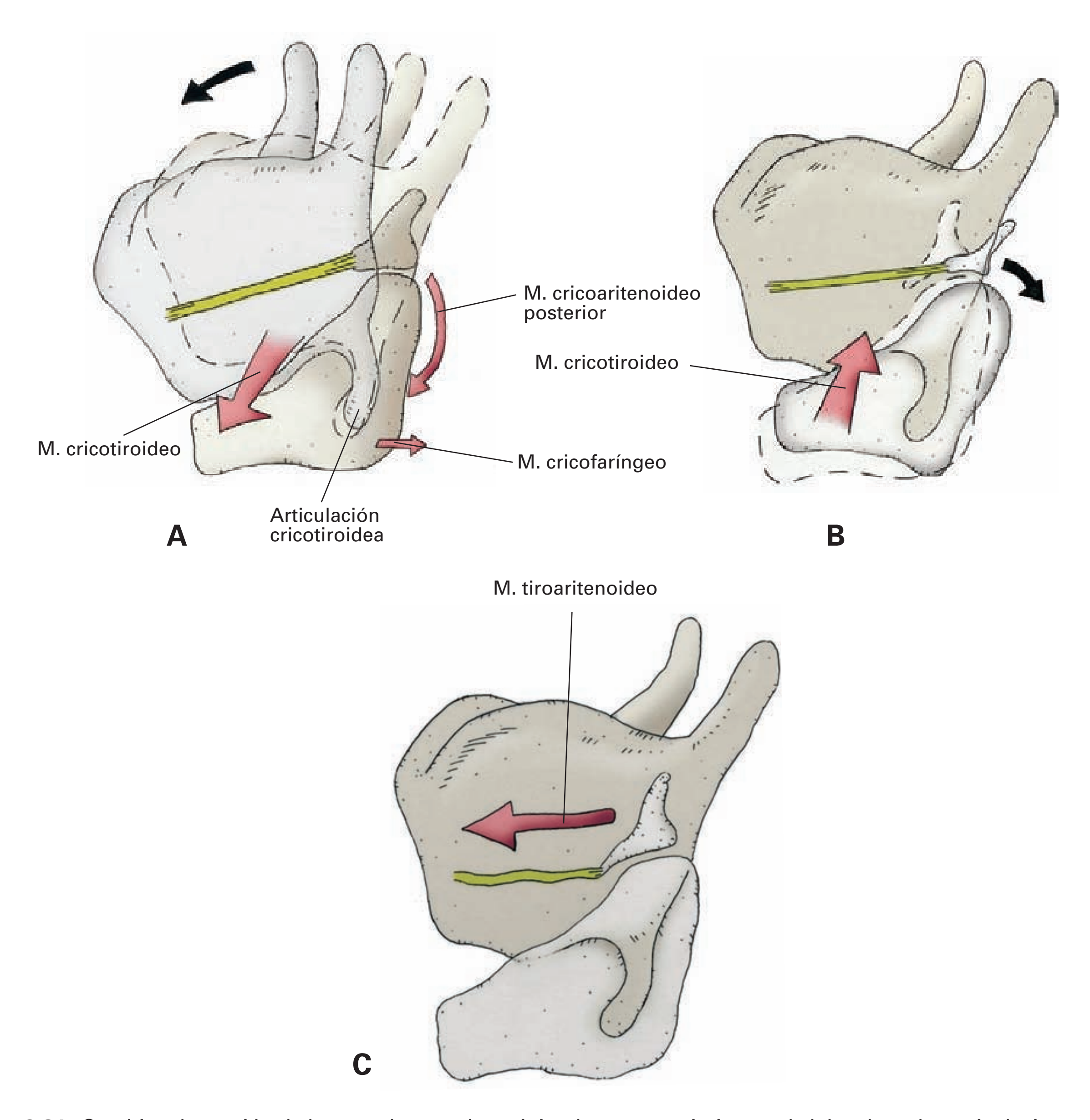


Figura 9-24. Cambios de tensión de las cuerdas vocales originados por movimientos de báscula en las articulaciones cricotiroideas. (A) Basculación del cartílago tiroides. (B) Basculación del cricoides arrastrando los aritenoides hacia atrás. (C) Relajación de las cuerdas vocales.

> Las vibraciones de las cuerdas vocales se pueden apreciar mediante la **estroboscopia,** una técnica que consiste en visualizar las cuerdas mediante el efecto óptico que produce durante la laringoscopia la aplicación de haces de luz sobre las cuerdas vocales con distintas frecuencias. Es una prueba de gran valor diagnóstico.

Vascularización

La irrigación arterial depende del sistema arterial de la arteria carótida externa y de la arteria subclavia. La **arteria laríngea superior** (satélite del nervio laríngeo superior) es rama de la tiroidea superior, y la **arteria laríngea inferior** (satélite del nervio recurrente) es rama de la tiroidea inferior.

Las **venas laríngeas** acompañan a las arterias y drenan en las **venas tiroideas superior** e **inferior.**

Linfáticos. La circulación y el drenaje linfático de la laringe tiene gran importancia en clínica por la difusión de los tumores malignos. La glotis es una barrera que separa dos territorios linfáticos: el *territorio supraglótico* drena por colectores que siguen el pedículo vasculonervioso laríngeo superior en la **cadena ganglionar cervical profunda;** el *territorio infraglótico* drena en los **grupos paratraqueales,** en la **cadena cervical profunda** y en los

ganglios pretraqueales, prelaríngeos e **infrahioideos,** e incluso en los pequeños **ganglios cervicales anteriores.**

En caso de cáncer, se puede extirpar toda la laringe (**laringectomía completa**), resecando desde la base de la lengua hasta la tráquea; los ganglios linfáticos serán examinados y extirpados. El orificio superior de la tráquea se abre a la piel del cuello. Estos pacientes deben aprender a hablar mediante el «lenguaje esofágico». Algunos cánceres muy localizados pueden tratarse mediante simple extirpación de la cuerda vocal afectada (**cordectomía**) o por resecciones parciales de la laringe (**laringectomía parcial**).

En el caso de las cordectomías, cuando no se practican por endoscopia, es preciso llegar a las cuerdas vocales abriendo el cartílago tiroides por la línea media.

Inervación

El **nervio vago** aporta a la laringe, mediante los **nervios laríngeo superior** y **recurrente,** las fibras motoras, y recoge la sensibilidad de su mucosa.

Inervación motora: el nervio recurrente inerva todos los múculos laríngeos, con excepción del cricotiroideo, que está inervado por el nervio laríngeo externo, rama del laríngeo superior.

Inervación sensitiva: la mucosa supraglótica (incluyendo la cara superior de la cuerda vocal) está inervada por el nervio laríngeo superior; la mucosa infraglótica y la parte inferior de la cuerda vocal están inervadas por el nervio recurrente.

Inervación vegetativa: las fibras parasimpáticas llegan por las ramas del vago e inervan las glándulas laríngeas. Las fibras simpáticas proceden del ganglio cervical medio, y alcanzan la laringe directamente o mediante los plexos periarteriales; inervan los vasos sanguíneos.

Tumores de órganos vecinos o lesiones provocadas durante intervenciones quirúrgicas pueden provocar parálisis de estos nervios. La **parálisis del nervio laríngeo superior** impide la correcta tensión de las cuerdas vocales por parálisis del cricotiroideo y, como consecuencia, la voz se debilita; la pérdida de sensibilidad supraglótica provoca una importante pérdida de los mecanismos reflejos que evitan la penetración de cuerpos extraños en la vía respiratoria. La **parálisis del nervio recurrente** va a tener como efecto principal la inmovilización del único músculo dilatador de la glotis, el cricoaritenoideo posterior. El paciente afectado tendrá una alteración de la voz y una desviación de la cuerda vocal afectada hacia la línea media. La parálisis bilateral es muy grave, por la amenaza de asfixia, y puede necesitar la realización de una traqueotomía. Se pueden realizar intervenciones para dilatar artificialmente la glotis, consitentes en extirpar un aritenoides y suturar una cuerda vocal a la pared laríngea.

En las intervenciones endolaríngeas, debe procederse a anestesiar la mucosa para evitar la aparición de reflejos vagovagales que pueda provocar efectos vegetativos sobre el corazón (arritmia, bradicardia o, incluso, parada cardíaca).

TRÁQUEA

La **tráquea**[8] es un tubo cartílago membranoso que se extiende desde el extremo distal de la laringe hasta su división en los dos bronquios primarios. Sirve para conducir el aire, pero además contribuye a completar la humidificación y el calentamiento que se había iniciado en las vías respiratorias superiores. Por sus secreciones, ayuda en la limpieza de partículas del aire inspirado.

En el adulto tiene una longitud de entre 10 y 13 cm. Algo aplanada en sentido anteroposterior, tiene un diámetro de 1.5 a 2 cm. Estas medidas varían según características individuales y sexuales. El calibre es más estrecho en el ser humano vivo que en el cadáver, debido al tono de la musculatura traqueal. La estructura cartilaginosa impide que la pared se colapse.

Intubación. Se denomina así a la introducción de un tubo en la tráquea a través de la boca, con objeto de mantener abierta la vía respiratoria. Es una maniobra común en los pacientes que reciben anestesia general y en aquellas situaciones de urgencias en las que la pérdida de consciencia (como puede suceder en sujetos accidentados) produce una obstrucción brusca de la vía respiratoria. Con el cuello en hiperextensión, se introduce por la boca un instrumento, denominado *espátula de intubación,* mediante la cual aplastamos la lengua y visualizamos la glotis. A continuación, se introduce el *tubo endotraqueal* por la laringe hasta la tráquea; el tubo presiona sobre las paredes laringotraqueales y mantiene abiertas las luces de estas cavidades. Es frecuente la irritación de las mucosas (**traqueítis** y **laringitis**) que remiten en dos o tres días.

La intubación requiere una cierta práctica; en algunas personas con la entrada laríngea estrecha puede plantear dificultades. Los tubos endotraqueales no deben mantenerse más de dos días para evitar la ulceración de la tráquea y su posible estrechamiento (**estenosis**).

La tráquea *se proyecta* sobre la columna vertebral desde la sexta vértebra cervical (C6) hasta el nivel de la quinta vértebra torácica (D5), donde se produce la división en los dos bronquios principales; la zona de terminación se pro-

[8] Los griegos la llamaron arteria (que conduce aire, espíritu) a los pulmones. Al generalizarse el término de arteria para lo que corresponde, a la tráquea se la denominó arteria dura (*trahheia,* de arteria más *trakus* = duro).

yecta, por delante, un poco por debajo del manubrio esternal. Por lo tanto, la tráquea ocupa el cuello y el tórax, distinguiéndose en ella una porción cervical (fácilmente accesible) y una porción torácica (Fig. 9-25).

La tráquea se encuentra en la línea media, pero en su trayecto descendente se inclina hacia atrás, de modo que en su origen se encuentra a 1 cm de la piel, a su entrada en el tórax está ya a 3 cm y en el punto de su división es muy profunda. Según esta inclinación, la proyección anterior sobre el tórax se hace básicamente sobre el manubrio esternal. Estos datos son muy importantes a la hora de practicar una traqueostomía (véase más adelante).

Porciones traqueales

La tráquea tiene dos porciones o segmentos: **cervical,** que ocupa el **espacio visceral del cuello,** y **torácico,** que se sitúa en el **mediastino superior.** Aunque las relaciones de la tráquea serán estudiadas en detalle con estos espacios, aquí se indicarán los datos más relevantes (Fig. 9-26).

La **porción cervical** se relaciona hacia atrás con el esófago, el cual está ligeramente desviado hacia la izquierda, y al que está unido por el tejido conectivo de las capas adventicias de ambos órganos, así como por tratos de fibra lisa (*músculo traqueoesofágico*). La tráquea está cubierta por delante por el plano formado por la fascia pretraqueal y los músculos infrahioideos, entre los cuales se ubica el denominado «rombo de la traqueotomía» Fig. 9-27. Este espacio está limitado, por arriba, por los bordes mediales de los músculos esternocleidohioideos, y por abajo, por los músculos esternotiroideos. A los lados, asciende el paquete vasculonervioso del cuello y los nervios recurrentes, acompañados de los ganglios linfáticos traqueobronquiales superiores. La glándula tiroides rodea por delante y a los lados la parte más alta de la tráquea: el istmo del tiroides cubre por delante los anillos segundo a cuarto, y los lóbulos se adosan a las superficies laterales.

Traqueotomía (Fig. 9-27). La apertura de la tráquea se realiza cuando existe un compromiso grave para la entrada de aire en los pulmones (cuerpos extraños, inflamaciones intensas, etc.), o bien como procedimiento para mantener una respiración artificial en pacientes ingresados en las unidades de cuidados intensivos de los hospitales.

La incisión de la tráquea se hace siempre longitudinalmente y se puede practicar en tres niveles: traqueostomía alta (por encima de la glándulas tiroides), media (seccionando también el istmo del tiroides) e inferior (por debajo de la glándula tiroides). Una vez abierta la tráquea, se introduce un tubo curvo rígido para mantener el paso de aire.

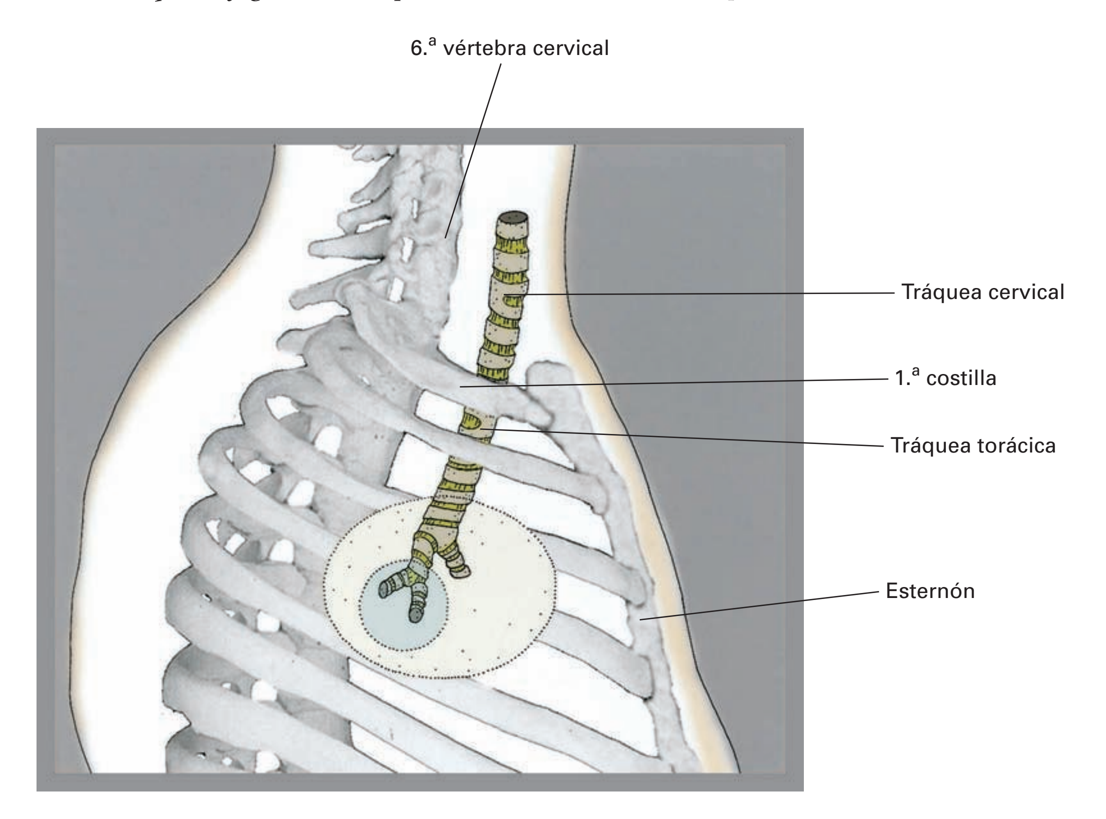


Figura 9-25. Visión lateral derecha de la silueta transparentada del cuello y del tórax para mostrar la situación de la tráquea. Obsérvese la progresiva inclinación hacia atrás. Círculo grande: zona de bifurcación traqueal a nivel de T5. Círculo pequeño: ramificación del bronquio principal derecho.

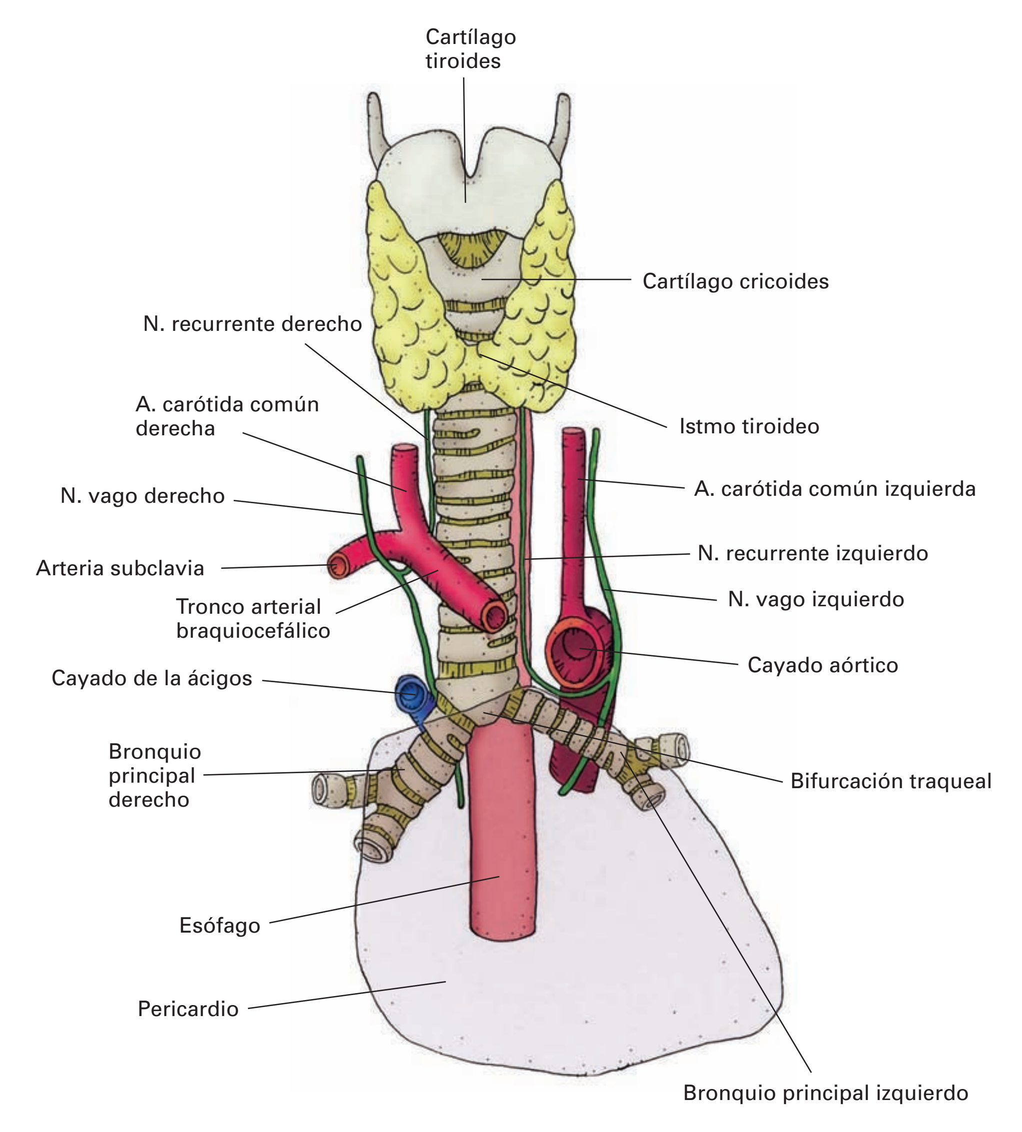


Figura 9-26. Visión anterior de la tráquea y de los bronquios para mostrar sus relaciones fundamentales. El pericardio ha sido transparentado para permitir la visión de los órganos posteriores al mismo.

Para alcanzar la tráquea, se practica, con el cuello en hiperextensión, una incisión longitudinal de la piel desde el cricoides a la horquilla esternal. Se abre la fascia cervical superficial, respetando las venas yugulares anteriores, y se llega al plano de los músculos infrahioideos tapizados por la fascia pretraqueal. Se incide la fascia y se separan hacia los lados los límites musculares del mencionado «rombo de la traqueotomía».

La **porción torácica** desciende por el mediastino superior. Por detrás se encuentra el esófago, que sobresale un poco hacia la izquierda.

A nivel de la bifurcación, se dispone, a la izquierda, el cayado de la aorta, que sobremonta el bronquio principal izquierdo, y a la derecha, el cayado de la ácigos, que va a terminar en la vena cava superior.

Por encima de estos cayados se encuentra: 1) a cada lado, la pleura mediastínica a nivel de los vértices pulmonares y los ganglios traqueobronquiales superiores; 2) por delante, el plano arterial formado por el tronco arterial braquiocefálico, que cruza oblicuamente por delante de la tráquea para buscar su vertiente derecha, y por delante de éste, el plano venoso constituido por los troncos venosos braquicefálicos derecho e izquierdo.

Los nervios vagos discurren a los lados de la tráquea, junto a las pleuras, y el nervio recurrente izquierdo asciende por el ángulo traqueoesofágico.

Movilidad

La tráquea es muy móvil, y experimenta acortamientos y expansiones, ligeros ascensos y descensos, arrastrada por

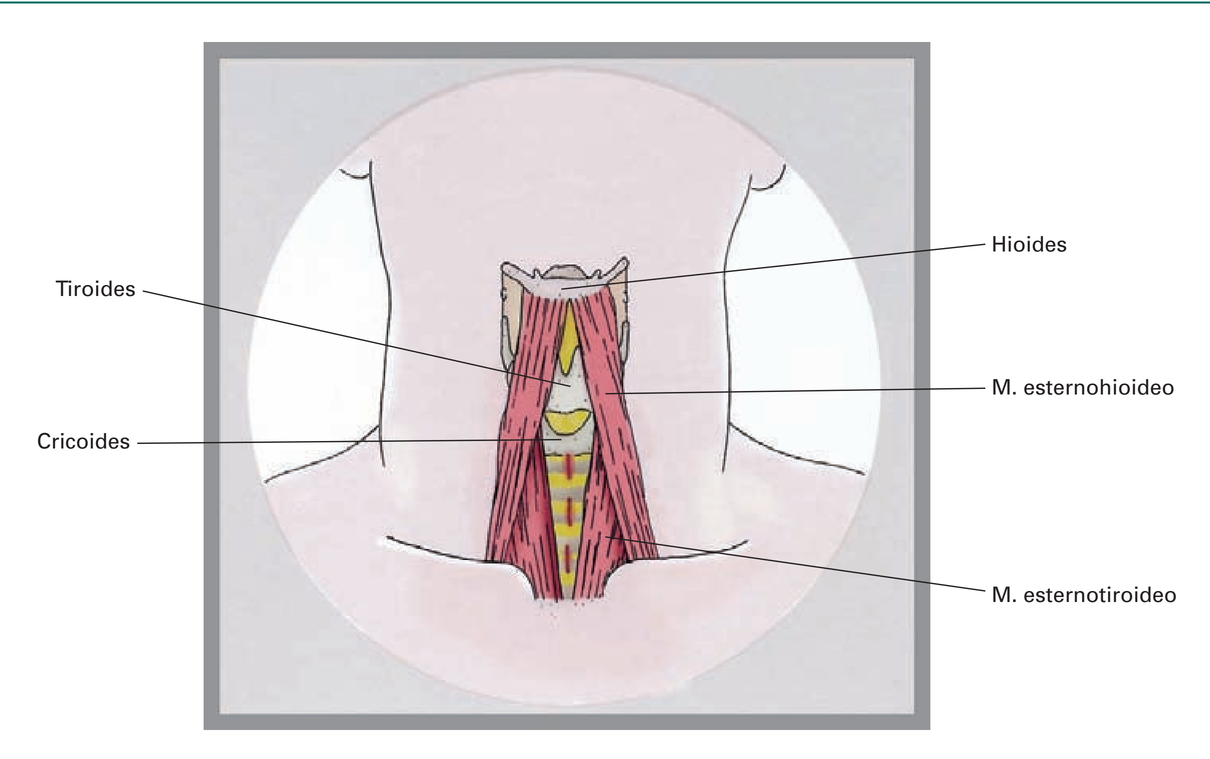


Figura 9-27. Proyección sobre el cuello de la columna respiratoria para mostrar el rombo de la traqueotomía. Las líneas rojas señalan los tres puntos de posible traqueostomía: superior, media e inferior. La glándula tiroides y las fascias cervicales no han sido representadas.

las estructuras a las que está conectada. Por su unión a la laringe, participa en los movimientos del suelo de la boca, como los que se hacen al masticar, deglutir o hablar; durante la expansión pulmonar de la inspiración profunda desciende hasta la altura de D6.

Cambios con la edad

Es muy importante reseñar que en el niño, antes del primer año de vida, la tráquea ocupa una posición más alta que en el adulto, preferentemente cervical, y sólo mide 3 mm de diámetro; en la infancia, el diámetro traqueal coincide, aproximadamente, con la edad del niño.

ESTRUCTURA

La tráquea está constituida por 16 a 20 anillos cartilaginosos superpuestos, unidos por ligamentos interanulares y musculatura lisa. El último cartílago tiene una cresta media (**carina**) que sirve de separación a la bifurcación bronquial (Figs. 9-26 y 9-28).

En una sección transversal se aprecia bien la disposición de la pared traqueal (Fig. 9-29).

Los **cartílagos traqueales** tienen forma de anillos incompletos abiertos por detrás y son de naturaleza hialina. Están envueltos por el pericondrio, que se continúa con la **membrana fibroelástica.** Esta membrana conecta los anillos entre sí (**ligamentos interanulares**) y cierra por detrás el espacio entre los extremos cartilaginosos (**membrana transversa**). Inmediatamente por delante de la membrana transversa, cerrando la abertura cartilaginosa, se dispone el **músculo traqueal,** consistente en haces de fibra lisa que se insertan en los extremos cartilaginosos. Su contracción reduce el calibre de la tráquea.

La luz está revestida por la **mucosa** y la **submucosa.**

La **túnica mucosa** está formada por *epitelio cilíndrico pseudoestratificado* apoyado sobre una *lámina propia.* En el epitelio hay, principalmente, **células ciliadas** (que mueven sus cilios en dirección a la laringe y ayudan a evitar el paso de partículas al pulmón) y **células caliciformes,** productores de mucina.

Los cilios se destruyen por el tabaco. Las personas que dejan el hábito de fumar tienen, al principio, sensación de picor en la garganta debido a la regeneración de los cilios. Se encuentran también **células madre (basales),** que dan origen a las otras células, **células en cepillo,** cuya función no se conoce bien, **células intermedias** (en diferenciación), **linfocitos intraepiteliales,** pertenecientes al sistema inmunitario MALT, y **células dispersas del sistema neuroendocrino,** las cuales, mediante la secreción de péptidos y serotonina, pueden contribuir a regular la contracción traqueal y las secreciones.

La **túnica submucosa,** en contacto con los cartílagos y la membrana fibroelástica, contiene **glándulas traqueales,** sobre todo en la parte posterior de la tráquea.

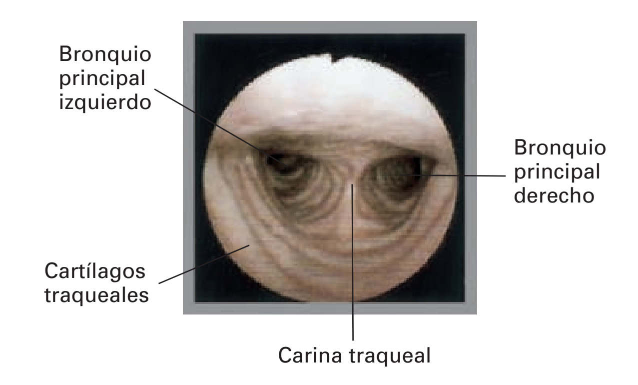


Figura 9-28. Imagen mediante fibroscopia de la bifurcación traqueal. (Cortesía del Dr. Alfonso Borragán.)

La tráquea está rodeada externamente por la **túnica adventicia,** un tejido conectivo laxo, unido al esófago, por el que discurren pequeños vasos y nervios.

Vascularización

Arterias. La tráquea recibe su riego fundamentalmente a través de **ramos traqueales** procedentes de la **arteria tiroidea inferior** (rama de la subclavia).

Venas. La sangre venosa es recogida por las **venas tiroideas.** Las venas tiroideas superiores y medias terminan en la yugular interna; las venas tiroideas inferiores terminan en los troncos venosos braquiocefálicos.

Linfáticos. La linfa es recogida por los **ganglios paratraqueales, traqueobronquiales superiores, traqueobronquiales inferiores** y **pretraqueales.**

Inervación

La tráquea recibe *fibras parasimpáticas* preganglionares, a través del nucleo vago. Estas fibras establecen sinapsis en neuronas de la pared traqueal de la que parten cortas fibras posganglionares hacia el músculo traqueal y las glándulas traqueales.

Las *fibras simpáticas* posganglionares proceden de los ganglios simpáticos cervicales y primeros torácicos, y llegan a la glándula directamente o a través de plexos periarteriales.

BRONQUIOS PRINCIPALES

Los **bronquios principales** resultan de la bifurcación de la tráquea (Fig. 9-26). Al separarse, a nivel de la carina, forman un ángulo agudo, de casi 70°. Por debajo de ésta, los dos bronquios, derecho e izquierdo, delimitan una zona del mediastino conocida como «intertraqueobronquial o subcarinal». Esta región tiene importancia por su contenido en ganglios linfáticos vinculados al drenaje de los pulmones (ganglios traqueobronquiales inferiores). Los bronquios principales tienen un trayecto exclusivamente **extrapulmonar,** luego penetran en los respectivos pulmones a nivel del hilio y sufren una serie de divisiones que determinan la posibilidad de individualizar lóbulos, segmentos y lobulillos.

El **bronquio principal derecho (BPD)** es más corto, más ancho y más vertical que su homólogo izquierdo; mide 2.5 cm de longitud y penetra en el pulmón derecho a la altura de T5. Su mayor verticalidad favorece el alojamiento de cuerpos extraños en él.

El **bronquio principal izquierdo (BPI)** es más horizontal y largo que el derecho, debido a que su división es algo más distal. Su diámetro es algo menor, de la misma

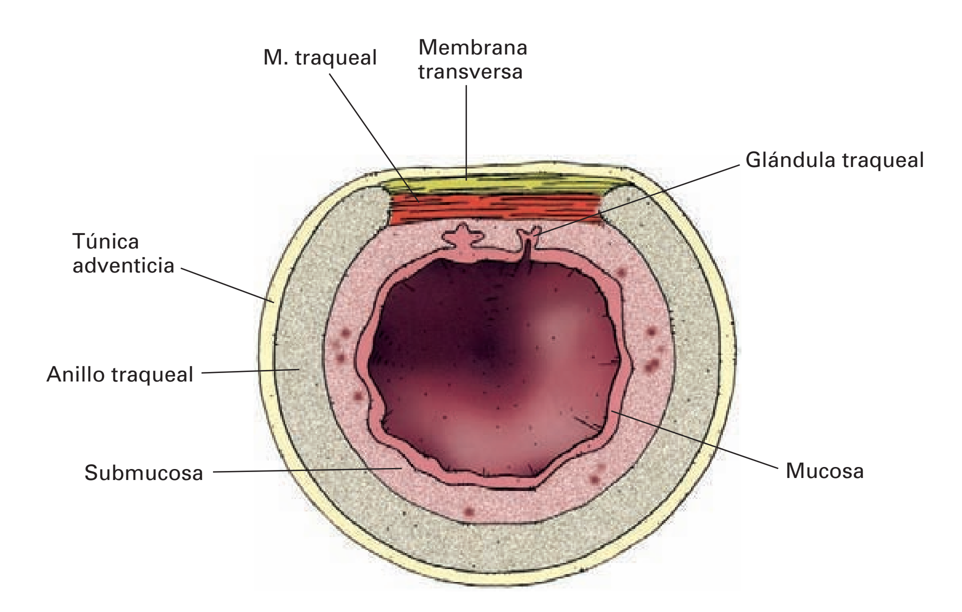


Figura 9-29. Corte transversal esquemático de la tráquea para mostrar la estructura de su pared.

manera que el pulmón izquierdo es algo más pequeño. Mide aproximadamente 5 cm de largo.

Los bronquios principales forman parte de los pedículos pulmonares.

Vascularización

Arterias. Los bronquios están irrigados por las **arterias bronquiales,** que pertenecen a la circulación sistémica y tienen su origen directo en la cara inferior del cayado de la aorta, en la aorta descendente o en alguna de las primeras arterias intercostales; en ocasiones, pueden nacer junto con ramas destinadas al tercio medio del esófago.

Las arterias bronquiales se individualizan muy bien en la cara posterior de los bronquios principales y sus primeras ramificaciones, donde están acompañados por sus venas y el plexo nervioso pulmonar posterior.

Venas. Las **venas bronquiales** drenan en el sistema de la vena ácigos.

Inervación

Los nervios proceden de los nervios vagos y de los ganglios simpáticos torácicos superiores, y forman los plexos anterior y posterior de los pedículos pulmonares.

PEDÍCULOS PULMONARES

Son el conjunto de elementos que entran o salen del pulmón por el hilio. Existe un pedículo, o **raíz pulmonar**, derecho y otro izquierdo (Figs. 9-30, 9-35 y 9-36).

Cada pedículo consta de un elemento *eje,* que es el bronquio principal, en cuya proximidad se disponen: la arteria pulmonar, las venas pulmonares, los ganglios linfáticos, los plexos nerviosos y los vasos bronquiales.

Por delante del bronquio, se encuentra la arteria pulmonar correspondiente; la arteria pulmonar izquierda se dispone por delante y por encima del bronquio izquierdo. Las dos venas pulmonares se sitúan por debajo de la arteria, y por delante y por debajo del bronquio.

Los ganglios linfáticos broncopulmonares se encuentran entre los elementos de la raíz pulmonar. Las arterias y las venas bronquiales se sitúan detrás del bronquio principal.

El plexo nervioso pulmonar rodea la raíz.

Cada uno de los pedículos pasa bajo una arcada vascular. El pedículo izquierdo se dispone bajo el cayado de la aorta y por delante de la aorta descendente. El pedículo derecho pasa por delante de la vena ácigos, bajo su cayado y por detrás de la vena cava superior.

Los nervios vagos se encuentran detrás de los pedículos pulmonares.

PULMONES

Los **pulmones** son órganos pares en los que se realiza la *hematosis,* es decir, el intercambio de gases entre la sangre y el aire inspirado.

> Las enfermedades del pulmón constituyen una parte importante de la medicina más común. La **tuberculosis pulmonar,** producida por el *bacilo de Koch,* es una de las enfermedades infecciosas más comunes y graves en los países en vías de desarrollo, y sigue estando pre-

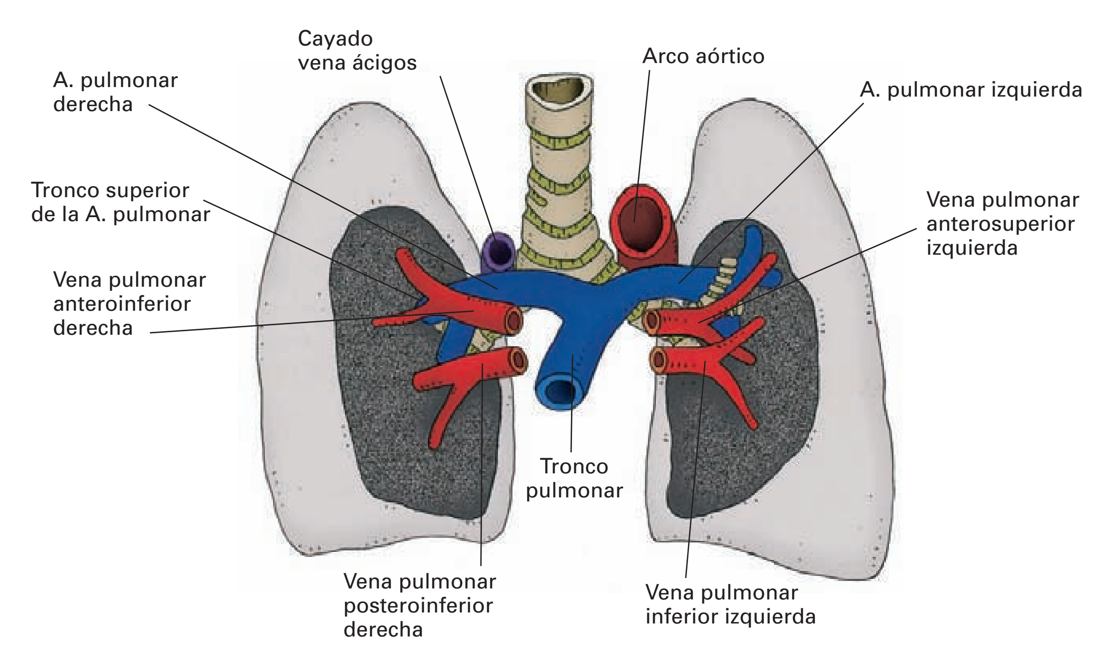


Figura 9-30. Pedículos pulmonares.

sente en los países desarrollados a pesar de las vacunaciones. La infección pulmonar (**neumonía**) es una complicación de numerosas enfermedades de las vías respiratorias y una causa importante de muerte en personas debilitadas o ancianos.

El **cancér de pulmón** (cuya relación con el tabaco está ampliamente demostrada) es la principal causa de muerte por cáncer en el hombre, y comienza a aumentar su incidencia en la mujer.

La cirugía de los pulmones comenzó tardíamente, debido a los problemas fisiológicos que plantea la apertura de la caja torácica. Efectivamente, al abrir el tórax, el pulmón se colapsa, pues desaparece la presión negativa intrapleural que permite la expansión de los pulmones. A principios de siglo, se descubrió que, provocando en el paciente anestesiado una respiración hiperbárica a través del sistema de intubación, era posible evitar el colapso pulmonar. Con ello, comenzó la era de la cirugía torácica y fue posible extirpar un pulmón entero o una parte. En la actualidad, el pulmón puede ser trasplantado íntegramente.

SITUACIÓN

Los pulmones están alojados en los **espacios pleuropulmonares** de la cavidad torácica, tapizados por la pleura correspondiente (Figs. 9-31 y 9-32). Entre ellos se encuentra el mediastino, que contiene el corazón, los grandes vasos y el esófago. El diafragma los separa de las vísceras abdominales.

FORMA (Figs. 9-33, 9-34 y 9-35)

El pulmón tiene forma semicónica, con un **vértice,** una **base,** dos **caras** (**costal** y **mediastínica** o medial) y tres **bordes** (**anterior, posterior** e **inferior,** respectivamente).

Vértice. El vértice del pulmón, debido a la oblicuidad de la primera costilla, sobrepasa por delante el nivel de ésta unos 3 ó 4 cm. De este modo, se denomina vértice pulmonar a toda la zona de pulmón que sobresale por el orificio superior del toráx y ocupa la base del cuello. En su proyección anterior, está cruzado por la clavícula. Está cubierto por la cúpula pleural, a través de la cual establece importantes relaciones con la arteria subclavia y el ganglio estrellado.

Base. La base del pulmón, que constituye la **cara diafragmática,** es cóncava y semilunar, a través de la pleura, se apoya sobre el diafragma, que la separa de los órganos supramesocólicos. Debido a la disposición de la bóveda del diafragma, la base derecha está algo más elevada que la izquierda. La base derecha corresponde al lóbulo derecho del hígado, y la base izquierda se relaciona con el lóbulo izquierdo del hígado, el fondo del estómago y el bazo.

Cara costal. La cara costal o externa (Fig. 9-33) corresponde a la superficie interna de la pared torácica (costillas y espacios intercostales, en gran parte de su extensión, y flancos laterales de la columna vertebral en su parte posterior). Es lisa en el ser vivo, pero en el cadáver suele presentar unos surcos oblicuos, producidos por la presión de los arcos costales sobre el tejido endurecido por el proceso de fijación.

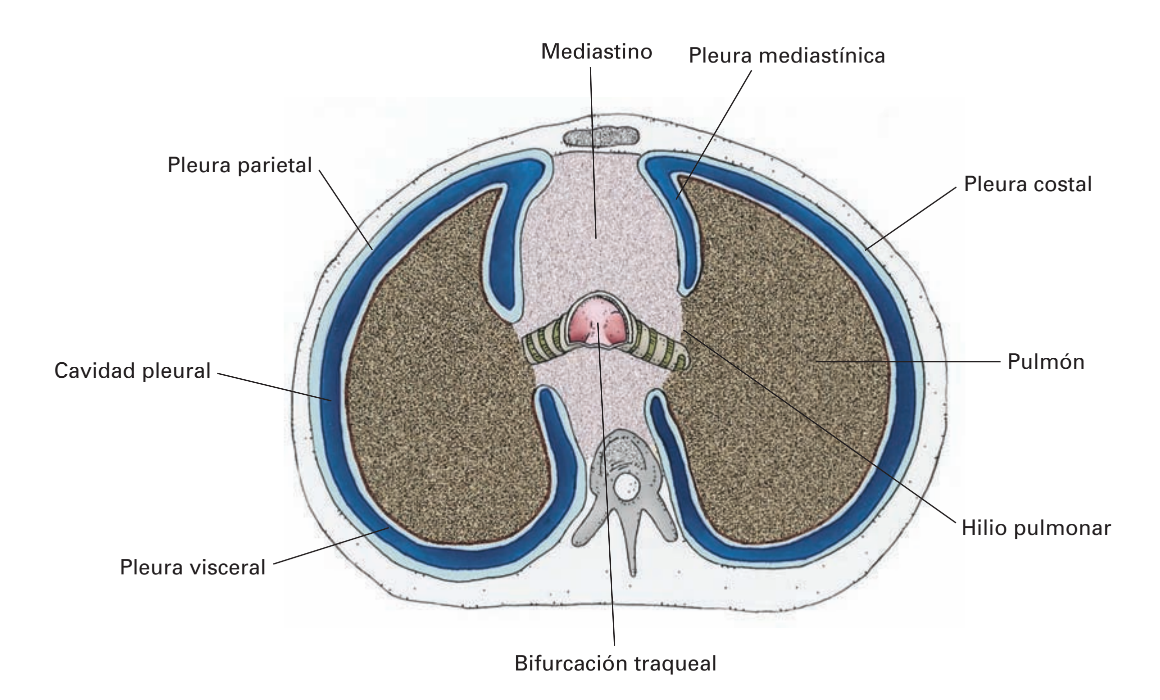


Figura 9-31. Esquema de un corte horizontal del tórax a nivel de la bifurcación de la tráquea. Los espacios pleuropulmonares derecho e izquierdo están separados por el mediastino.

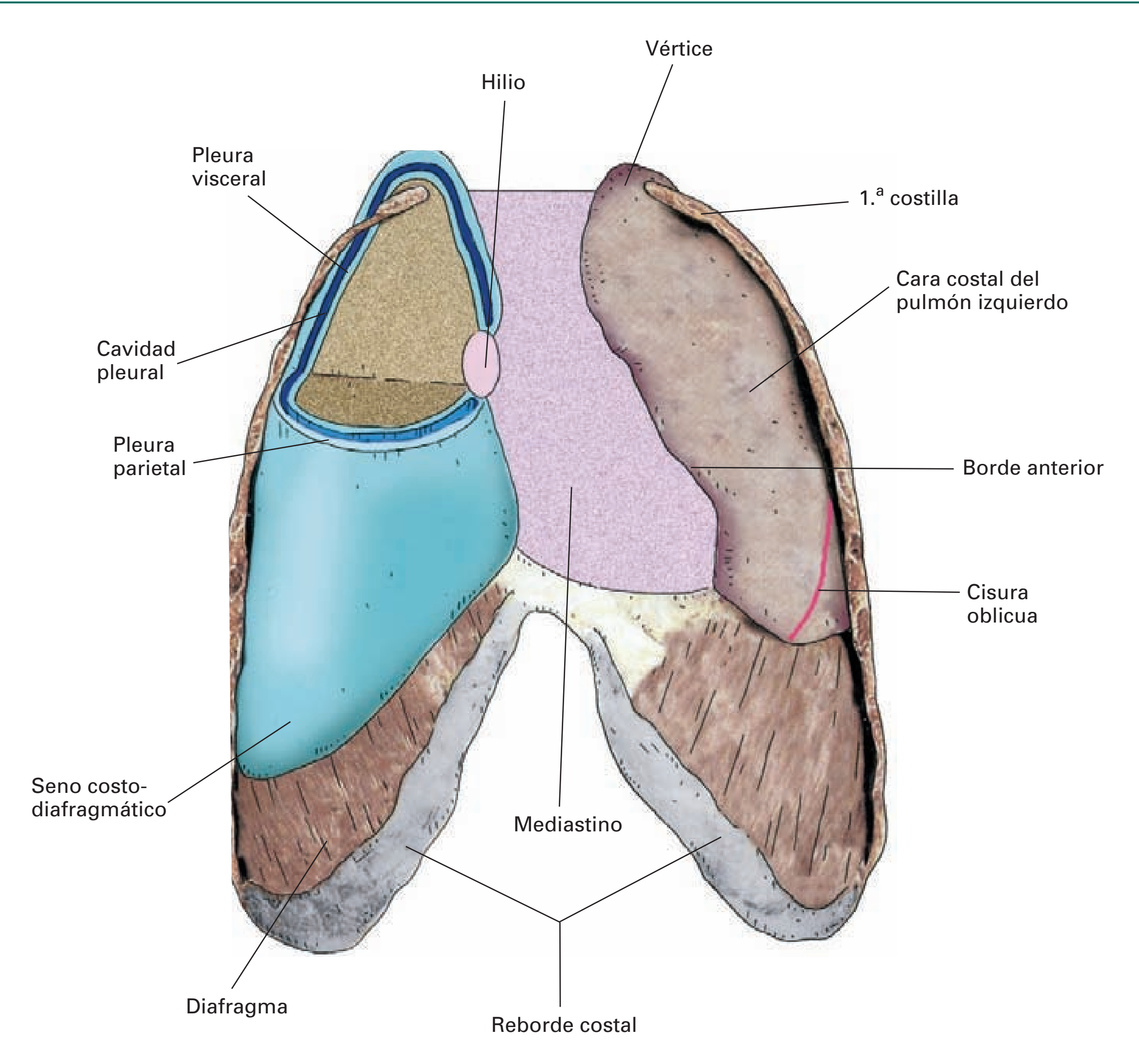


Figura 9-32. Visión anterior (semiesquemática) de la cavidad torácica para mostrar la disposición de los pulmones a los lados del espacio mediastínico. El pulmón derecho se ha representado en el interior del saco pleural; la mitad superior del pulmón se ha seccionado frontal y horizontalmente para mostrar la disposición de la pleura.

Cara medial. La cara medial (Figs. 9-34 y 9-35) consta de una porción vertebral y una mediastínica propiamente dicha. La **porción vertebral** es la franja más posterior de esta cara, que se encuentra en contacto con la cara lateral de los cuerpos vertebrales torácicos. La **porción mediastínica**, anterior, es mucho más extensa y está en íntimo contacto, a través de la pleura, con los órganos del mediastino, los cuales, en los pulmones fijados de los cadávares, dejan huellas muy marcadas en su superficie.

Hacia la parte media, se encuentra el **hilio pulmonar,** que es el lugar por donde entran y salen los elementos que forman el **pedículo** o **raíz pulmonar.** Aparece como un cráter perforado por varios orificios, y está circunvalado por la pleura, que se prolonga hacia abajo formando el **ligamento pulmonar** (*ligamento triangular del pulmón*). En conjunto, el hilio y el ligamento pulmonar aparecen con forma de una «raqueta».

Rodeando al hilio, se encuentran las excavaciones producidas por los órganos del mediastino. Por delante del hilio, se observan las huellas de los órganos del mediastino medio, por arriba, las del mediastino superior, y por detrás las del mediastino posterior. La relación entre las Figuras 9-34 y 9-36, para el pulmón derecho, y entre las Figuras 9-35 y 9-37, para el pulmón izquierdo, permite analizar adecuadamente estas impresiones.

Delante del hilio se encuentra, en ambos pulmones, la **impresión cardíaca,** mucho más marcada en el pulmón izquierdo que en el derecho, debido a la desviación del corazón hacia ese lado; por encima de esta huella, se encuentra, en el pulmón derecho, el surco de la vena cava superior, y en el pulmón izquierdo, el de la aorta ascendente.

Encima del hilio, se forma un surco arqueado, que corresponde, en el pulmón derecho, al cayado de la ácigos, y en el pulmón izquierdo, al arco aórtico. Craneal a estas arcadas se encuentran unas impresiones verticales en con-

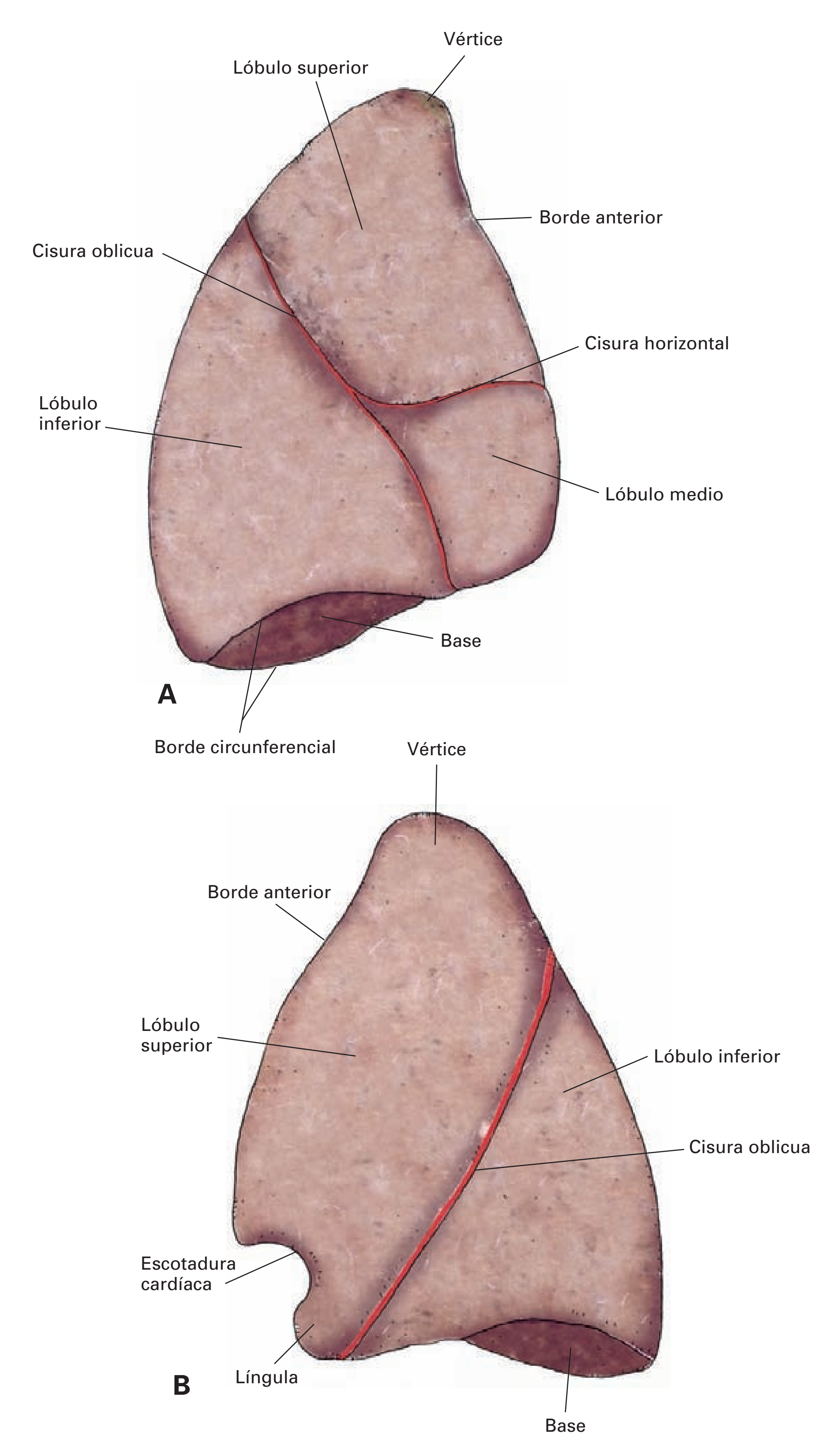


Figura 9-33. Cara externa de los pulmones. (A), Pulmón derecho. (B), Pulmón izquierdo.

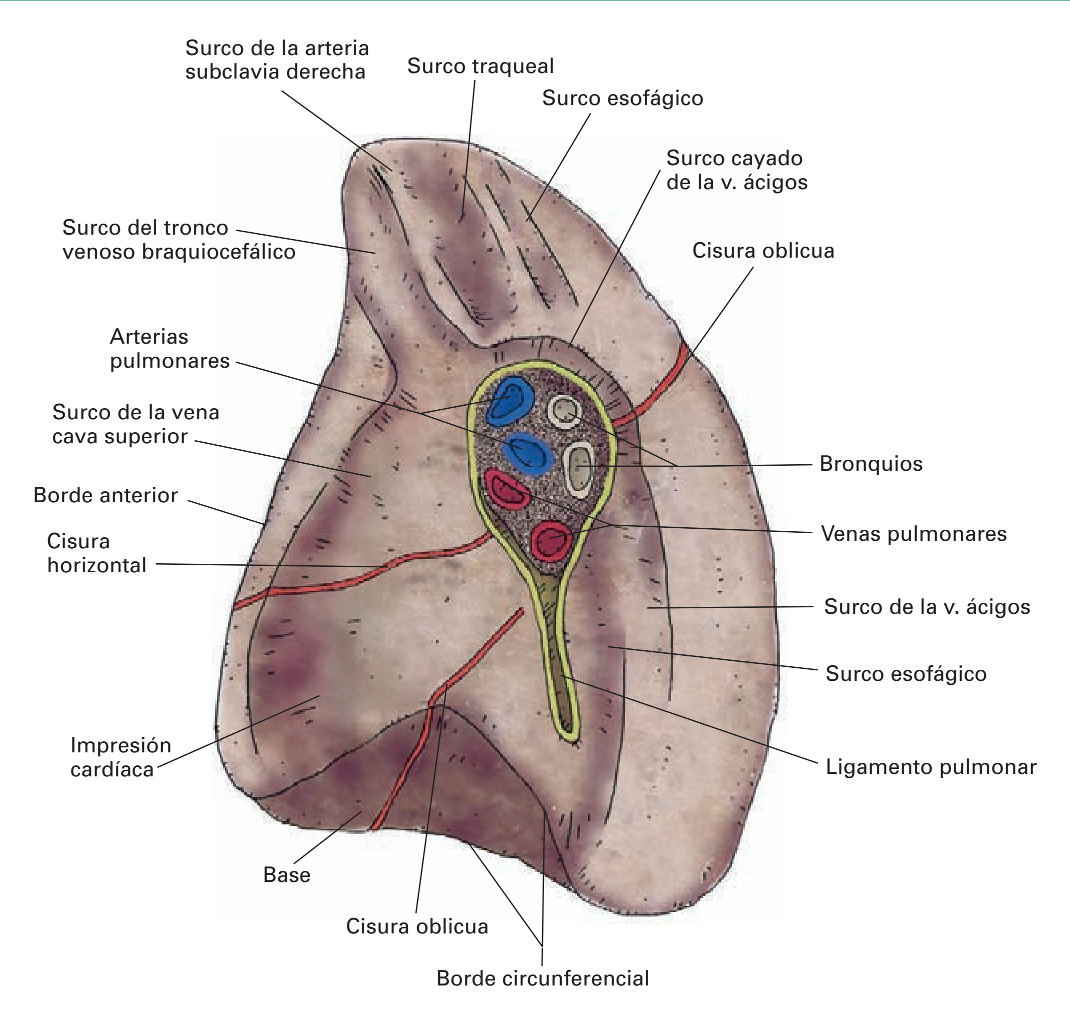


Figura 9-34. Cara mediastínica del pulmón derecho. En el pulmón fijado se observan las huellas de las estructuras vecinas del mediastino. Obsérvese la correlación de las huellas con la Figura 9-36.

tinuidad con la cara interna de los vértices pulmonares: en el pulmón derecho, las impresiones del tronco venoso braquiocefálico derecho, la tráquea y el esófago; en el pulmón izquierdo, las impresiones del tronco venoso braquicefálico izquierdo, la carótida común izquierda, la subclavia izquierda, la tráquea y el esófago.

Detrás del hilio y del ligamento pulmonar, se forma un profundo canal vertical. En el pulmón derecho corresponde a la vena ácigos, y en el izquierdo, a la aorta torácica.

Entre estos surcos vasculares se insinúa, detrás del ligamento pulmonar, la huella del esófago.

Borde anterior. El borde anterior rebasa la superficie anterior del pericardio y es casi vertical en el lado derecho. En el lado izquierdo presenta, por debajo del 4.º cartílago costal, una amplia muesca, llamada **escotadura cardíaca,** que se extiende hasta el 6.º cartílago costal, donde termina a unos 4 cm de la línea media; debajo de la escotadura se encuentra una pequeña prolongación pulmonar, la **língula.**

Borde posterior. El borde posterior es romo, separa las caras costal y mediastínica, y se aloja en el surco paravertebral (costovertebral).

Borde inferior. El borde inferior del pulmón es muy agudo y circunvala la base del pulmón, separándola de las caras. Se introduce lateralmente en el **seno pleural costodiafragmático.**

El **color** del pulmón, cuya superficie es brillante, es rosado en la niñez, añadiéndose con los años un moteado negro, que hace que, en conjunto, presente un color grisáceo azulado. Las manchas pigmentarias son producto de la contaminación ambiental.

El **peso** de cada pulmón oscila, en el adulto, entre 500 y 600 gramos, siendo el peso del pulmón derecho siempre mayor que el del izquierdo en condicones normales. En el recién nacido, el pulmón pesa alrededor de 60 ó 70 gramos.

Tiene gran interés en medicina forense saber si el recién nacido no ha respirado; en estas circunstancias, su peso es mayor, unos 100 gramos. No obstante, sobre todo tiene interés la densidad pulmonar: el pulmón de un niño que nace muerto es más denso que el agua y se

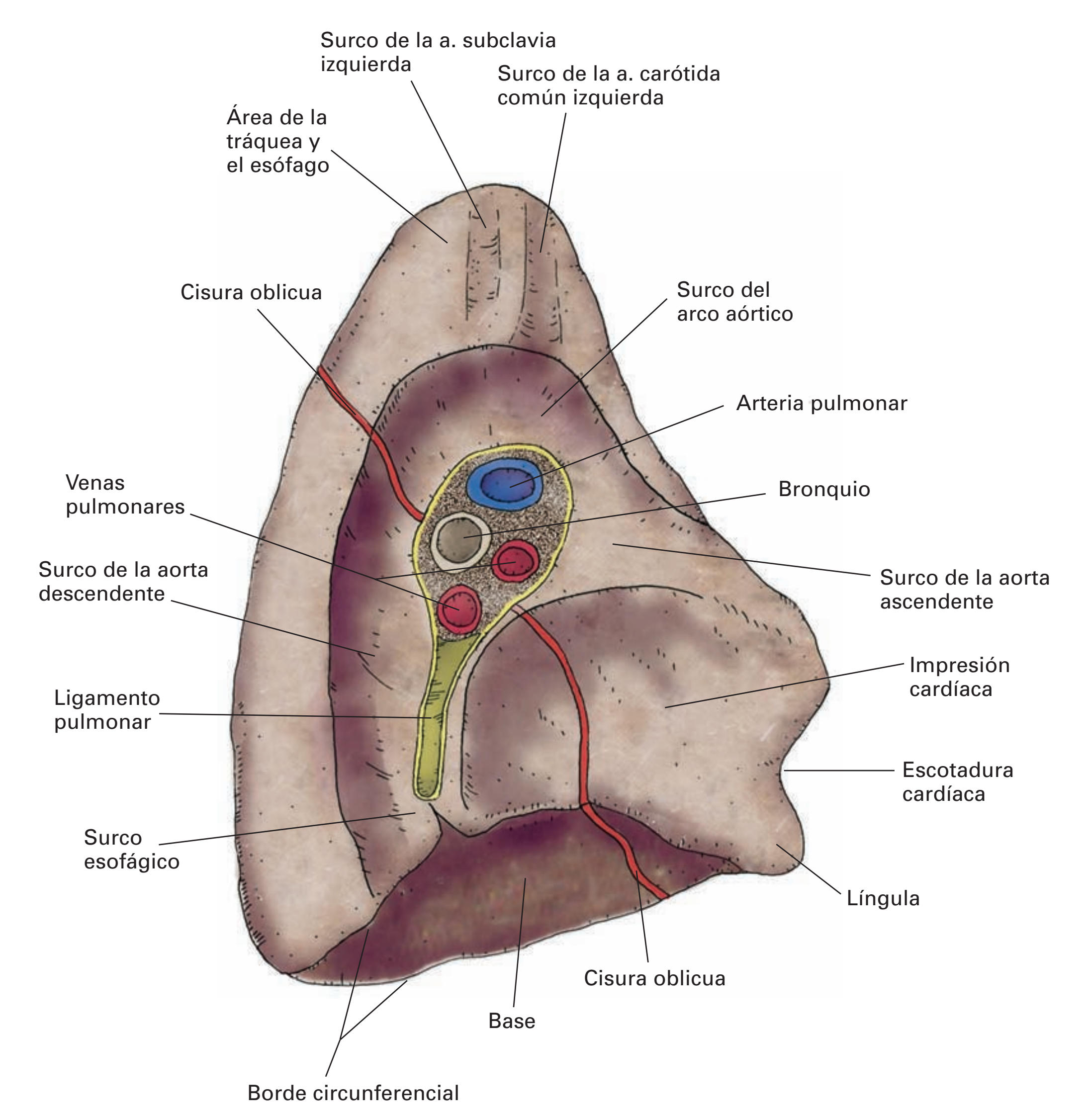


Figura 9-35. Cara mediastínica del pulmón izquierdo. Pulmón fijado donde se observan las huellas de las estructuras vecinas. Compárese con las huellas de la Figura 9-37.

hunde en ella; por el contrario, el pulmón de un niño que ha respirado, y luego muere es menos denso y flota.

Relaciones topográficas

(Véase Topografía de la cavidad torácica: espacios pleuropulmonares y mediastino.)

CISURAS Y LÓBULOS

Las **cisuras** son hendiduras que separan porciones del parénquima pulmonar de forma parcial. Visibles en la superficie, profundizan en el interior del órgano para dividirlo en lóbulos. Ambos pulmones tienen una **cisura oblicua,** y el pulmón derecho presenta, además, una **cisura horizontal.** (Figs. 9-33, 9-34 y 9-35.)

El **pulmón izquierdo** está dividido en **dos lóbulos (superior** e **inferior) por la cisura oblicua,** que nace de la zona posterosuperior del hilio, pasa a unos 6 cm del vértice y desciende hacia delante, por la cara costal, hasta alcanzar el borde inferior del pulmón, un poco por detrás del extremo anterior. El lóbulo superior comprende el vértice, el borde anterior, gran parte de la cara costal y de la cara mediastínica. Por debajo de la escotadura cardíaca, se prolonga en la língula pulmonar. El lóbulo inferior comprende el resto del parénquima pulmonar.

El **pulmón derecho** posee dos **cisuras (oblicuas** y **horizontal),** que lo dividen en **tres lóbulos: superior, medio** e **inferior.** La **cisura oblicua** tiene un trayecto similar al de la cisura izquierda, aunque es menos vertical y alcan-

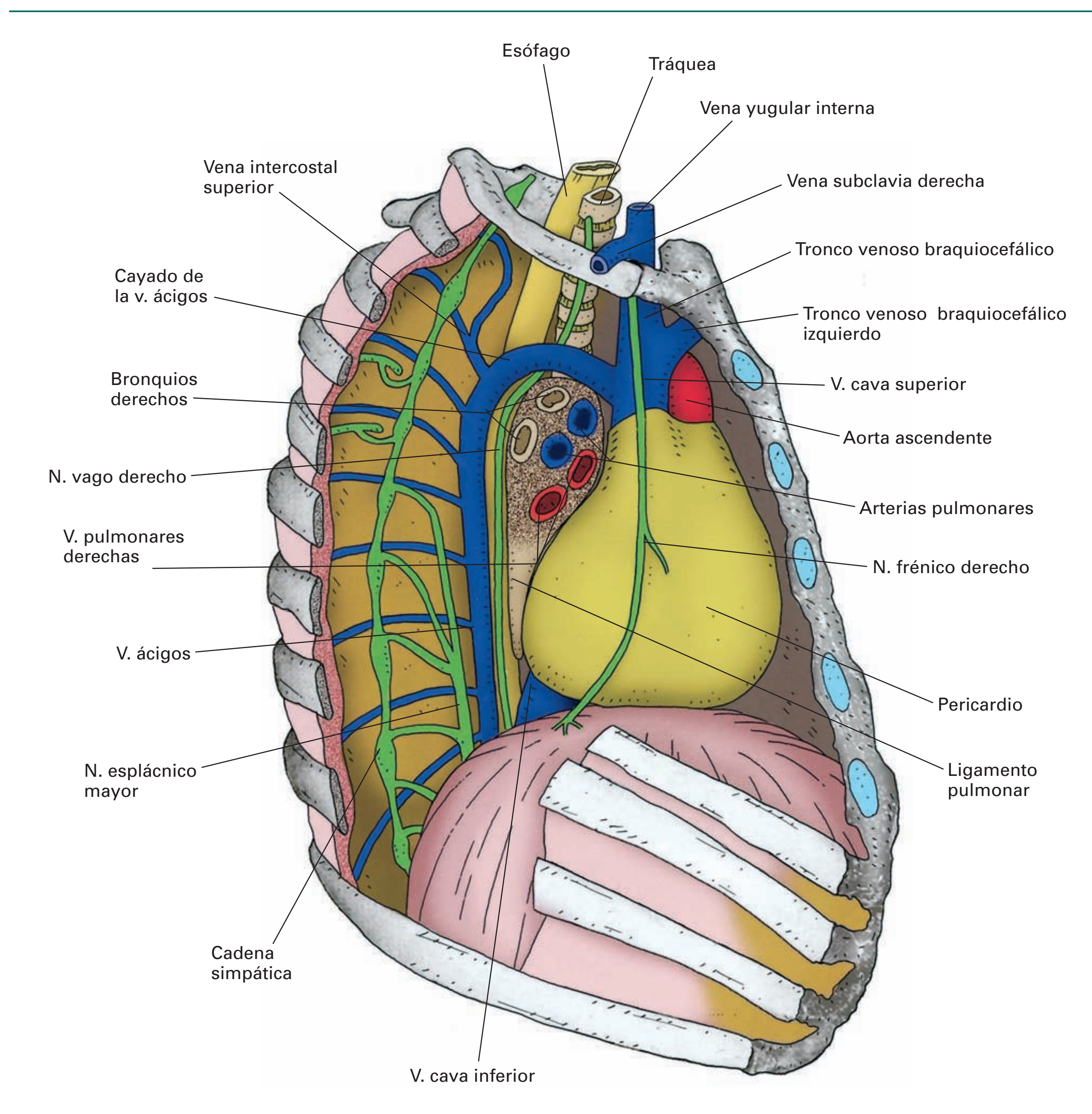


Figura 9-36. Visión lateral izquierda del mediastino tras resecar el pulmón y la pleura derechos.

za el borde inferior del pulmón a unos 7 cm de su extremo anterior. La **cisura horizontal** se origina en la cisura oblicua, hacia la mitad de su recorrido por la cara costal (a nivel de la línea axilar media); se dirige hacia delante, contornea el borde anterior del pulmón, pasa a la cara medial y termina junto al hilio.

La cisura oblicua separa el lóbulo inferior de los lóbulos medio y superior. La cisura horizontal separa los lóbulos superior y medio. El lóbulo medio, pequeño y cuneiforme, comprende una parte de la cara costal, la parte inferior del borde anterior y la porción anterior de la base y de la cara mediastínica adyacente.

En ocasiones (1 %), existe una *cisura accesoria* en el lóbulo superior, que contiene la parte terminal de la vena ácigos y está rodeada por una prolongación de la pleura mediastínica en forma de meso; se forma así un lóbulo accesorio, denominado «lóbulo de la ácigos».

DIVISIONES DEL PULMÓN

Los bronquios principales, derecho e izquierdo, cuando penetran en el pulmón se dividen sucesivamente como las ramas de un árbol (**arborización bronquial**). La pri-

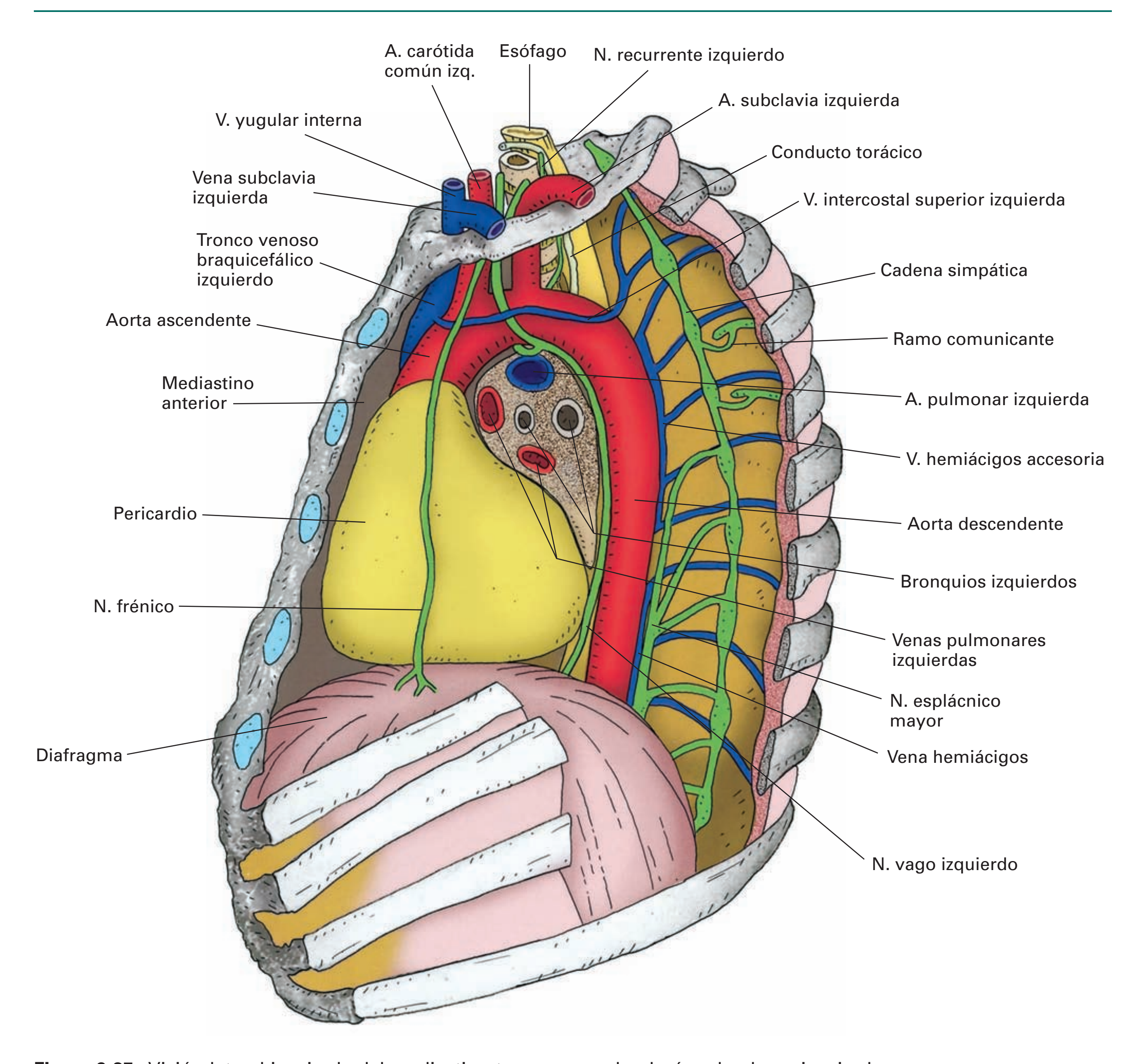


Figura 9-37. Visión lateral izquierda del mediastino tras resecar el pulmón y la pleura izquierdos.

mera división da lugar a los **bronquios secundarios** o **lobares,** y éstos se dividen, a su vez, en **bronquios terciarios** o **segmentarios,** que, progresivamente, se van dividiendo varias veces en el interior del pulmón (véase Estructura).

De acuerdo con las divisiones bronquiales, pero también las de los vasos sanguíneos, el pulmón se divide en **lóbulos (tres derechos** y **dos izquierdos**); a su vez, cada lóbulo se divide en **segmentos pulmonares** (Fig. 9-38).

Cada uno de los lóbulos y de los segmentos cuenta con sistemas bronquiales, vasculares y nerviosos propios e independientes.

Bronquios lobulares (Fig. 9-39)

El **bronquio principal derecho,** en el momento de su entrada en el hilio o, muy frecuentemente, un poco antes (a unos 2 cm de la división traqueal), se divide en el **bronquio lobular superior derecho** y el **bronquio intermedio.** El nacimiento del bronquio lobular superior derecho es posteroinferior con respecto a la arteria pulmonar derecha, y se dirige hacia fuera y hacia arriba; el bronquio intermedio continúa el trayecto de la vía respiratoria principal, y se divide en un corto y delgado **bronquio lobular medio,** que nace de la cara anterolateral del bronquio intermedio, y el **bronquio lobular inferior**

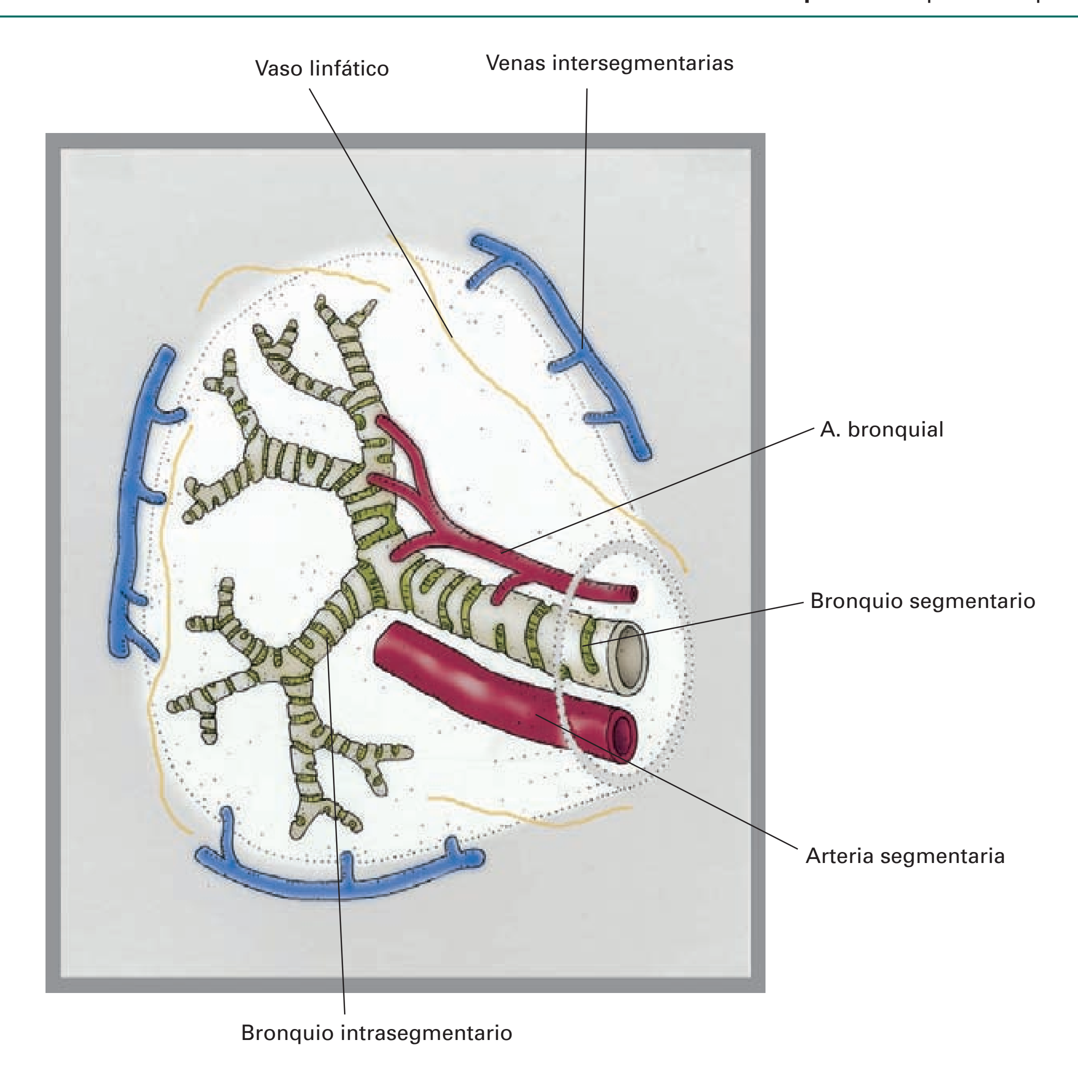


Figura 9-38. Esquema de un segmento pulmonar. Ha sido transparentado para mostrar las estructuras fundamentales de su interior.

derecho, que continúa el trayecto del bronquio intermedio.

El **bronquio principal izquierdo** penetra en el pulmón izquierdo a la altura de T6 y se divide, por debajo de la arteria pulmonar izquierda, en el **bronquio lobular superior izquierdo** y el **bronquio lobular inferior izquierdo.** Este último continúa la dirección oblicua del bronquio principal, mientras que el superior se dirige claramente hacia fuera.

Segmentación broncopulmonar

Se entiende por **segmento pulmonar** a la menor porción del parénquima respiratorio que mantiene su capacidad funcional individual (Fig. 9-38). Constituye una unidad anatómica, radiológica, clínica y quirúrgica independiente; como tal, puede aislarse, reconocerse, enfermar de forma independiente y extirparse.

> El conocimiento de los segmento pulmonares ha permitido la realización de **segmentectomías.** En casos de cáncer de pulmón, pueden extirparse sólo algunos segmentos, o bien un lóbulo o todo un pulmón.

Cada segmento tiene, en general, una forma de prisma, con la base dirigida hacia la periferia y el vértice hacia el hilio. El eje del segmento es el bronquio segmentario, rama del bronquio lobular. Acompañando al bronquio, camina la arteria segmentaria correspondiente (rama de la arteria pulmonar) y la delgada arteria bronquial. Cada segmento está separado del vecino por planos fibrosos intersegmentarios ocupados por tejido conectivo elástico, por los cuales discurren las venas intersegmentarias y los vasos linfáticos. Las venas drenan, pues, segmentos en contacto. Estos planos son usados por el cirujano como zona de clivaje para extirpar el segmento enfermo.

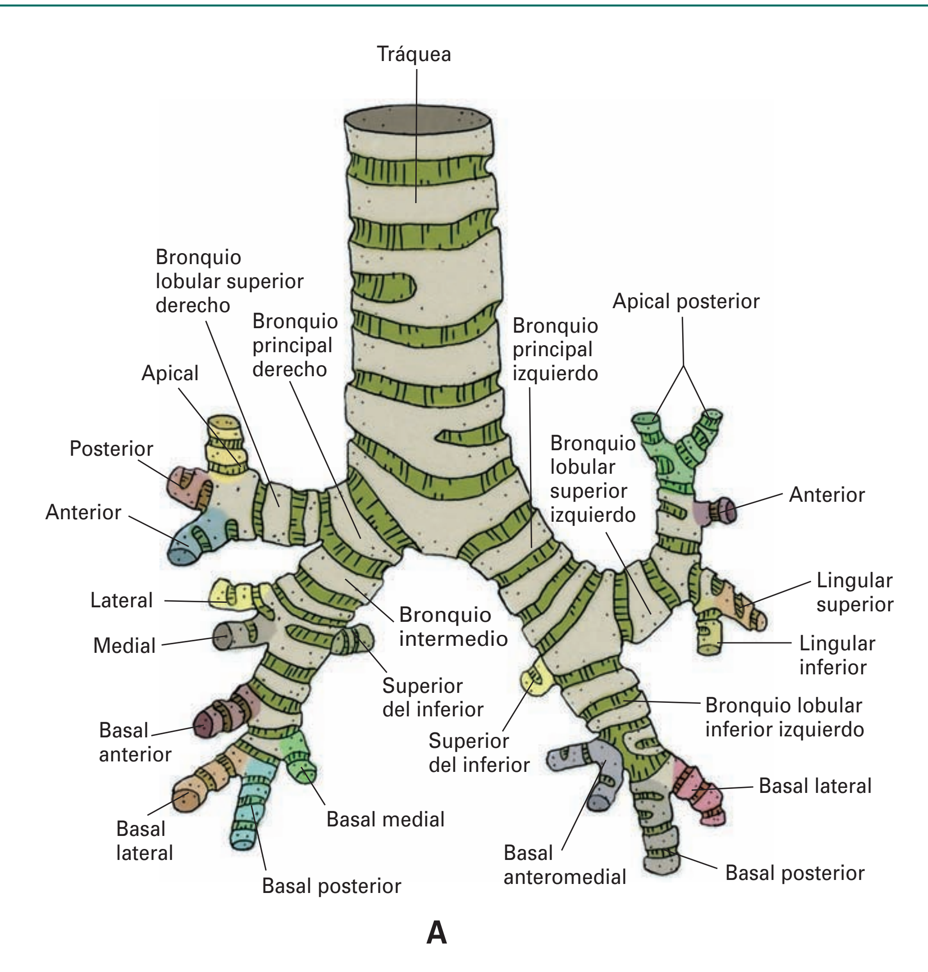


Figura 9-39. Segmentación broncopulmonar. (A), Arborización bronquial y bronquios segmentarios. Cada bronquio segmentario se denomina como el segmento pulmonar correspondiente.

Continúa

Como el eje del segmento son las ramas bronquiales o las ramas de la arteria pulmonar, los segmentos pueden definirse con arreglo a cada uno de estos elementos. Aquí se hará teniendo en cuenta el eje bronquial.

Segmentos broncopulmonares (Fig. 9-39)

Los segmentos se denominan según sus bronquios segmentarios, describiéndose diez segmentos para el pulmón derecho y ocho para el izquierdo. La terminología aceptada es simple y se han eliminado términos muy usados por los anatomistas, tratando que sea utilizada por ellos pero, al mismo tiempo, por los broncoscopistas, radiólogos y cirujanos torácicos.

Pulmón derecho

El **lóbulo superior derecho** tiene tres segmentos: **apical, superior** o **segmento 1, posterior** o **segmento 2,** y **anterior** o **segmento 3.** Sus bronquios segmentarios se desprenden del bronquio lobular correspondiente y reciben (y esto es regla general) la misma denominación y numeración que su propio segmento.

> Los segmentos 1 y 2 son asiento frecuente de lesiones cavitarias de origen tuberculoso.

El **lóbulo medio** posee dos segmentos: **lateral o segmento 4** y **medial o segmento 5.**

Sus bronquios segmentarios se desprenden del bronquio lobular medio.

El **lóbulo inferior derecho** tiene cinco segmentos: **superior del inferior, o segmento 6;** y el grupo de los *segmentos basales* **(basal medial o segmento 7, basal anterior o segmento 8, basal lateral o segmento 9** y **basal posterior o segmento 10).** El segmento basal medial no llega a la cara lateral del pulmón, situándose en la porción basomedial del mismo, junto al pericardio. Los bronquios segmentarios respectivos se desprenden del bronquio lobular inferior derecho. Es importante señalar que el **bronquio segmentario superior del lóbulo inferior derecho** se origina en una posición más alta que los restantes, justo en la superficie posterior del punto en que el bronquio intermedio emite el bronquio lobular medio. Este hecho anatómico reviste singular importancia en las resecciones quirúrgicas del pulmón, por el

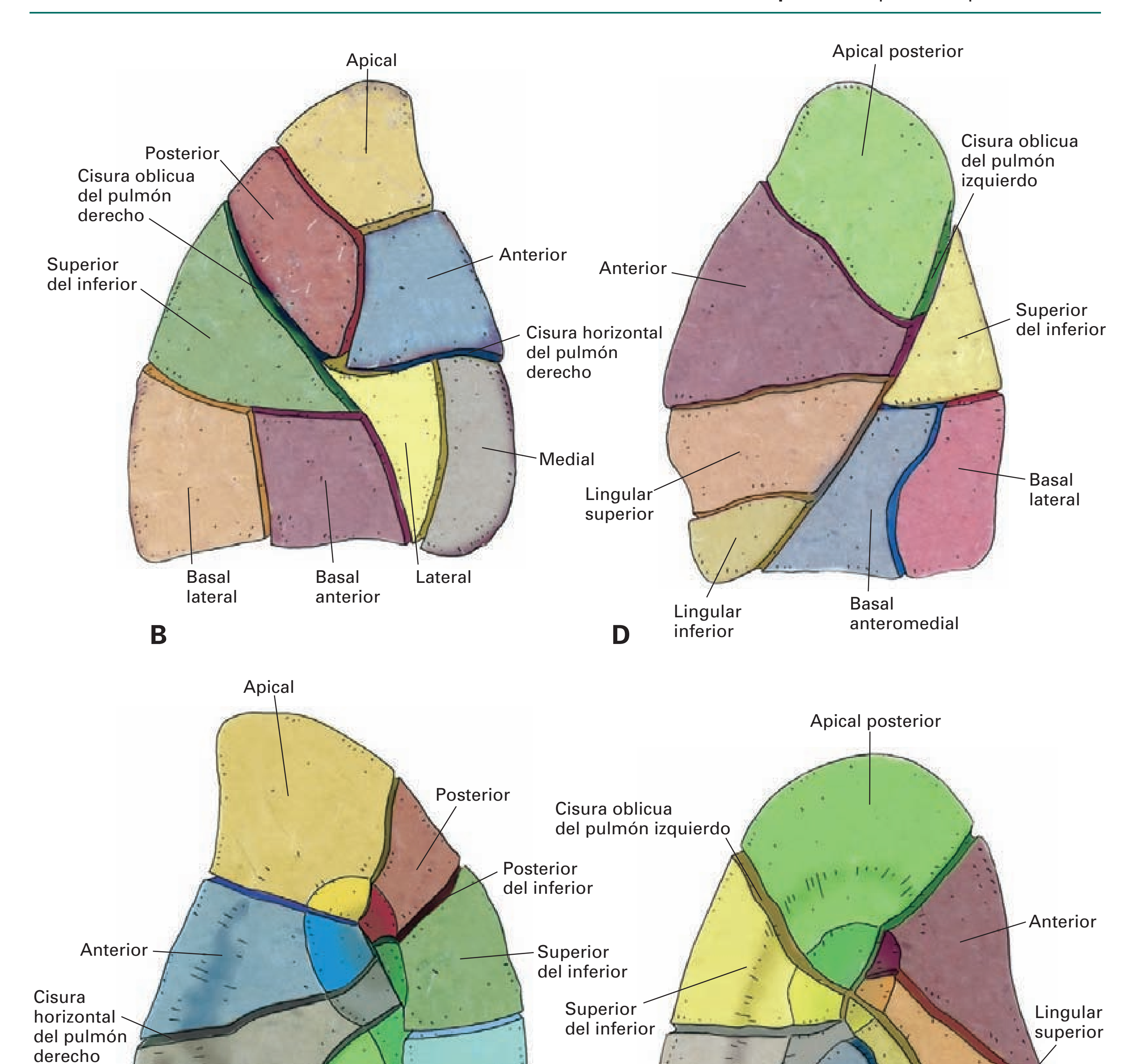


Figura 9-39. (*Cont.*) Segmentación broncopulmonar. (B) y (C), Segmentos del pulmón derecho. (D) y (E), Segmentos del pulmón izquierdo.

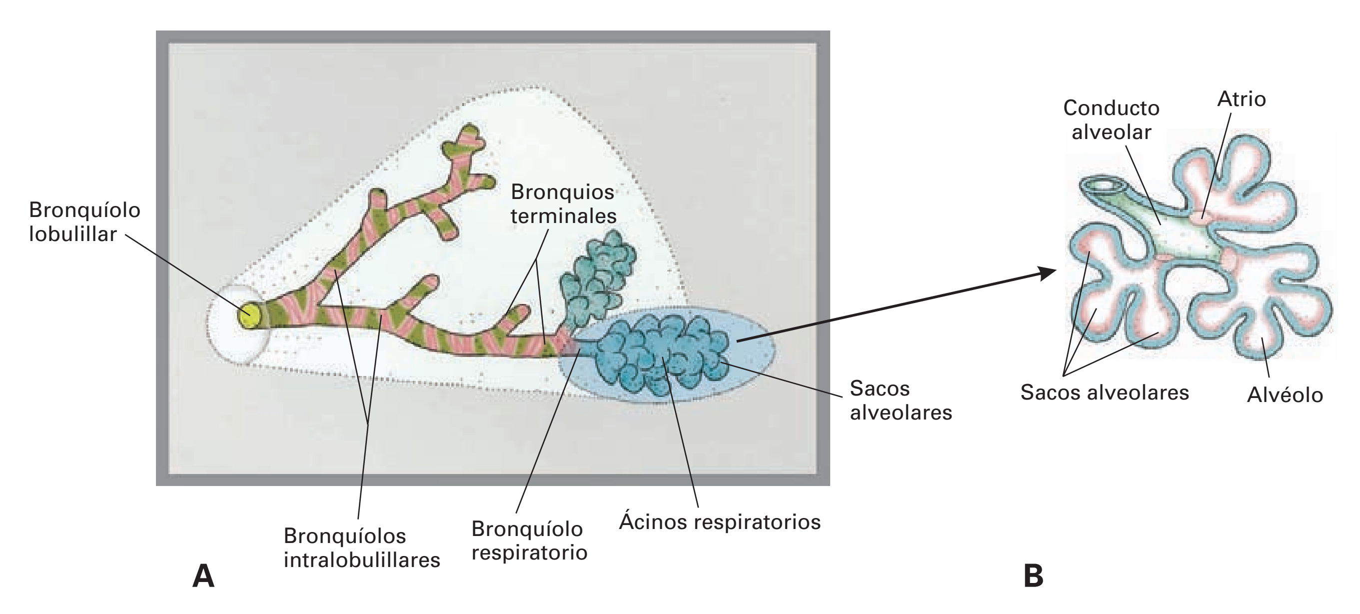


Figura 9-40. Estructura del pulmón. (A) Lobulillo pulmonar con sus progresivas ramificaciones bronquiolares. (B) Ácino respiratorio correspondiente al territorio enmarcado en azul.

peligro de seccionar involuntariamente uno de ellos. Los bronquios basales nacen de un tronco doble o único. Puede existir un **segmento subsuperior** de tamaño pequeño.

Pulmón izquierdo

El **lóbulo superior** tiene cuatro segmentos: **apical posterior** (conjunto de dos segmentos más pequeños, los **segmentos 1+2); anterior (segmento 3),** y los **segmentos lingulares superior (segmento 4)** e **inferior (segmento 5).** El origen de los bronquios segmentarios se hace a partir de una **división superior** y otra **inferior,** o **lingular,** del bronquio lobular superior. De la división superior nacen los bronquios segmentarios apical posterior y anterior. La división lingular (equivalente al lóbulo medio derecho) da origen a los dos bronquios segmentarios lingulares correspondientes.

El **lóbulo inferior** tiene cuatro segmentos: el **superior del inferior (segmentos 6)** y tres *segmentos basales* (**basal anteromedial o segmento 7+8, basal lateral o segmento 9** y **basal posterior o segmento 10).** El origen de los bronquios segmentarios basales es similar a lo que acontece en el lado derecho, debiendo destacarse, sin embargo, que los **bronquios basales medial y anterior** tienen un origen común y forman un segmento único.

En conjunto, se puede observar que la fusión de los segmentos 1+2 y 7+8 en el pulmón izquierdo determinan la existencia de ocho segmentos en el lado izquierdo frente a los diez del derecho.

ESTRUCTURA

El pulmón consta de las ramificaciones de las vías aéreas (**árbol bronquial**), **la región respiratoria** (que contiene los alvéolos, donde tiene lugar la hematosis), **vasos sanguíneos** y **tejido conectivo** muy rico en fibras elásticas. La riqueza en fibras elásticas proporciona al pulmón un alto índice de retracción y de expansión durante los movimientos respiratorios.

Los **bronquios intrapulmonares** se ramifican, dicotómicamente, aproximadamente unas 20 veces. Las ramificaciaones más gruesas se denominan bronquios y las más delgadas (con un diámetro menor de 1 mm) se llaman **bronquíolos.** Los bronquíolos representan las 14 últimas generaciones de las ramas.

> Los bronquios intrapulmonares tienen la misma estructura que los bronquios principales, con la característica de que la capa muscular lisa forma un anillo completo entre el cartílago y la submucosa.
>
> Los **bronquíolos** carecen de cartílago y de glándulas productoras de mucina; la capa de fibras musculares lisas es más gruesa que en los bronquios. El epitelio de la capa mucosa es cilíndrico, y consta de **células ciliadas** y **células claras;** estas ultimas carecen de cilios y producen surfactante (véase más adelante).

Lobulillo pulmonar (Fig. 9-40)

Una de las últimas generaciones de bronquíolos es el **bronquíolo lobulillar** o **lobular,** que ventila un territorio denominado **lobulillo pulmonar.** Cada lobulillo es una unidad funcional y estructural independiente, tiene un volumen aproximado de 2 cm^3 y está separado de los vecinos por una trama de tabiques conectivos. De modo similar al segmento, por el interior del lobulillo discurren los bronquíolos y las arterias, y por los tabiques interlobulillares discurren las venas. El aspecto de pequeñas unidades

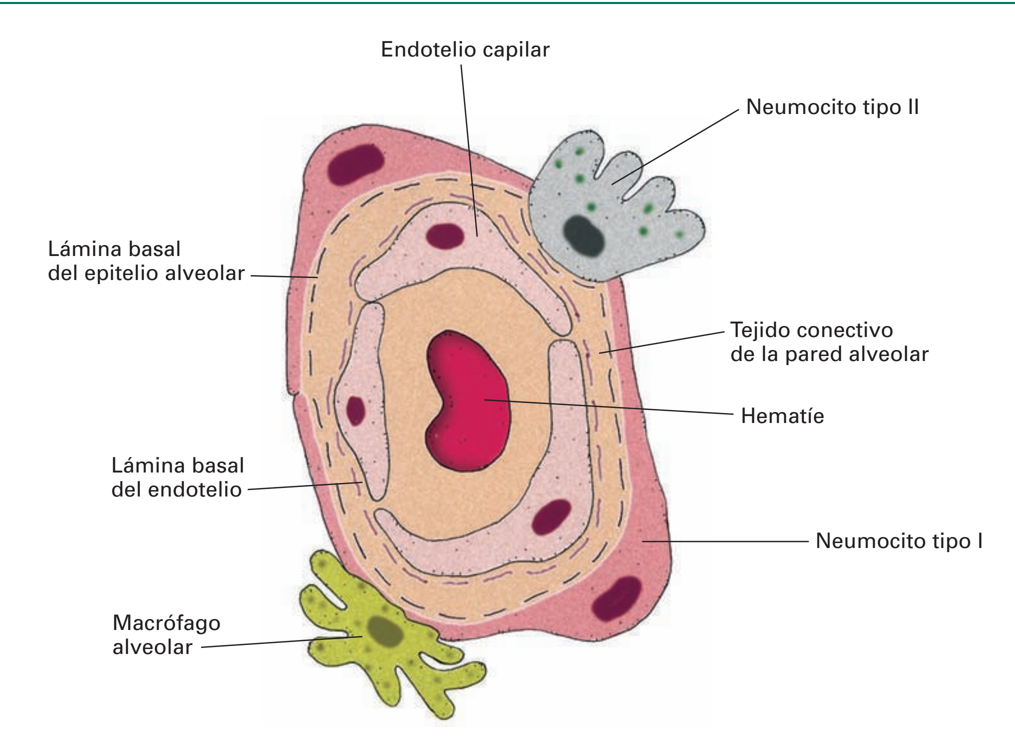


Figura 9-41. Esquema de la barrera hematorrespiratoria. Un capilar rodeado por las paredes alveolares.

poligonales que se observa con lupa en la superficie pulmonar corresponde a los lobulillos más externos.

Dentro del lobulillo se encuentran las **unidades** o **regiones respiratorias.**

Los bronquíolos lobulillares se ramifican en bronquíolos intralobulillares, los cuales acaban formando los **bronquíolos terminales.** El territorio dependiente de un bronquíolo terminal es el **ácino respiratorio,** la unidad funcional principal del pulmón, donde tiene lugar el intercambio de gases. Cada ácino consta de: **bronquíolos respiratorios, conductos alveolares, sacos alveolares** y **alvéolos (Fig. 9-40).**

El bronquíolo terminal se divide en dos bronquios respiratorios de cuyas sucesivas ramas surgen numerosos sacos alveolares a los lados. A los sacos alveolares se entra por el conducto alveolar, que se expande en varios **atrios,** que dan acceso a los sacos alveolares. Éstos están formados por conjuntos de alvéolos, la parte final de la vía respiratoria, en íntimo contacto con los capilares sanguíneos. La musculatura lisa va desapareciendo progresivamente en la pared del conducto alveolar.

Los alvéolos están separados unos de otros por la **pared alveolar,** formada por un entramado de tejido conectivo muy rico en capilares sanguíneos, comprendido entre las cubiertas epiteliales de cada alvéolo (Fig. 9-41). El tejido conectivo es rico en fibras elásticas y células del sistema inmunitario, especialmente **macrófagos,** que sirven para eliminar partículas inhaladas o bacterias que hayan llegado hasta los alvéolos. En muchas zonas, el tejido conectivo es muy escaso y los capilares contactan con las células alveolares. En estas zonas, la **pared de intercambio gaseoso (barrera de difusión entre sangre y aire)** está formada por el endotelio capilar, el epitelio alveolar y, entre ambos, las dos membranas basales fusionadas. En el epitelio alveolar hay dos tipos de células: **neumocitos tipo I,** muy aplanadas, y **neumocitos tipo II,** cilíndricas y productoras del *surfactante.*

El *surfactante,* o agente tensoactivo, es una lipoproteína que reduce a 0 la tensión superficial que se produce en los alvéolos. En las interfases aire/líquido, como la pared alveolar, las moléculas líquidas ejercen una tensión superficial que reduce y colapsa la superdfice alveolar. Con objeto de neutralizarla, se produce el *surfactante,* que comienza a sintetizarse hacia el final del sexto mes de vida intrauterina.

En el **síndrome de dificultad (o sufrimiento) respiratoria del recién nacido** no se sintetiza *surfactante,* bien porque el recién nacido sea prematuro, bien por una alteración enzimática en los neumocitos tipo II, y los alvéolos se colapsan al espirar el aire. El bebé tiene una respiración rápida (taquipnea) y difícil. En los nacidos antes de las 30 semanas este síndrome tiene una incidencia del 70%. Gracias a la disponibilidad actual de *surfactante* sintético, entre otras medidas, se ha reducido de manera notable la mortalidad.

Broncoscopia. El árbol bronquial puede examinarse introduciendo un broncoscopio rígido o flexible siguiendo el mismo procedimiento que el efectuado para la intubación traqueal. Esta técnica está indicada para el diagnóstico, por ejemplo, del cáncer de pulmón; por el tubo se pueden introducir pinzas para la toma de muestras de tejido (biopsia).

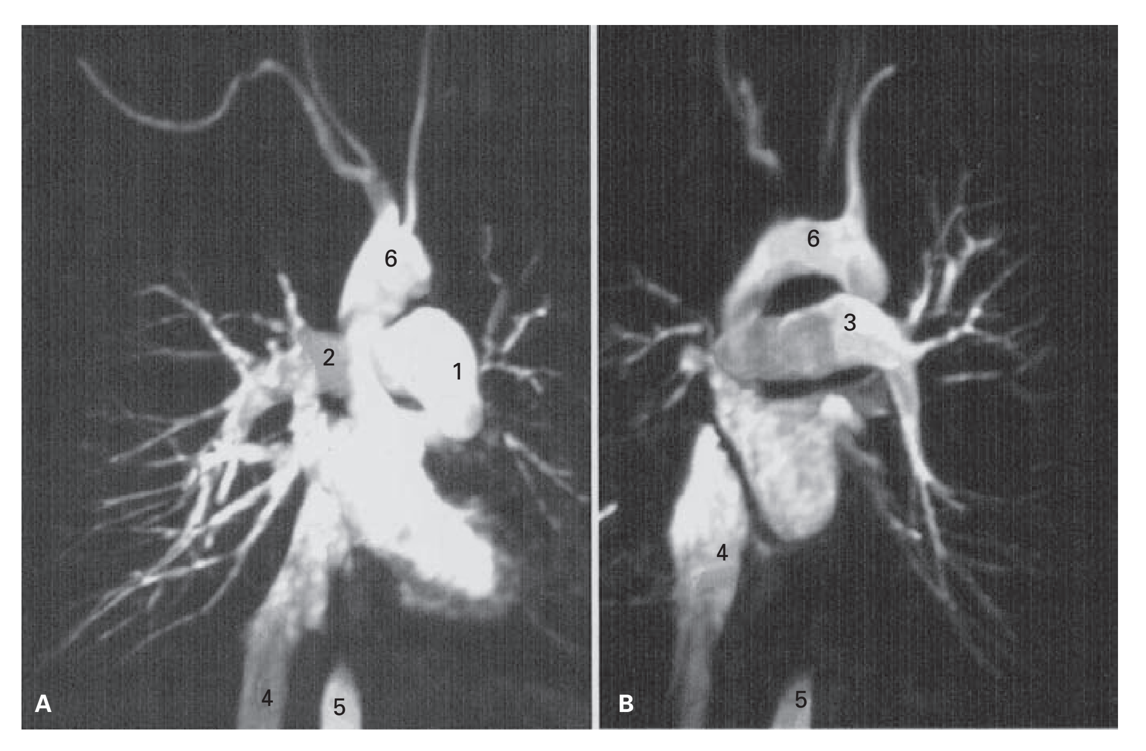


Figura 9-42. RM de las ramas intrapulmonares de la arteria pulmonar. 1) Tronco pulmonar. 2) Arteria pulmonar derecha. 3) Arteria pulmonar izquierda. 4) Vena cava inferior. 5) Aorta torácica. 6) Arco aórtico.

Los bronquios pueden obstruirse por exceso de exudados viscosos o por cuerpos extraños. En estos casos, se produce una **atelectasia,** proceso que consiste en el colapso de una parte o de la totalidad del pulmón (según el nivel del bronquio); ante la falta de ventilación, la zona suele infectarse (neumonía).

Los bronquios pueden sufrir dilataciones sacciformes o varicosas de su pared (**bronquiectasias**), que son irreversibles. Pueden ser congénitas o adquiridas (el tabaquismo es una causa común de las mismas).

Enfisema pulmonar. Es un trastorno consistente en la dilatación de los espacios aéreos situados distalmente a los bronquíolos terminales (ácinos respiratorios), con desaparición de los tabiques interalveolares de los sacos aéreos. La consecuencia es una disminución de la superficie de intercambio respiratorio. Aparece en sujetos con bronquitis crónica: el estrechamiento bronquial dificulta la salida de aire, y los ácinos respiratorios se insuflan y dilatan.

Vascularización

El pulmón tiene un sistema vascular al servicio de la hematosis (*vasa publica*) y un sistema al servicio de su propia nutrición (*vasa privada*).

La *vasa publica* está formada por la arteria pulmonar y las venas pulmonares. La *vasa privata* por las arterias y las venas bronquiales.

Vasa publica

Arteria pulmonar

La **arteria pulmonar** (véase Circulación menor) se divide en dos ramas, **derecha** e **izquierda,** que acompañan a los bronquios segmentarios (Fig. 9-30 y 9-42).

La **arteria pulmonar derecha** se divide a nivel del hilio en dos troncos: superior e inferior.

El **tronco superior** se distribuye por los segmentos 1 y 3, y se conoce como **tronco apicoanterior de Boyden** o **arteria 1+3;** excepcionalmente, puede existir una única arteria para todo el lóbulo superior.

El **tronco inferior** se introduce en la profundidad del parénquima y se distribuye por el resto del pulmón. La **rama para el segmento posterior del lóbulo superior (arteria 2)** nace en la zona interlobular, y no es visible en la cara anterior del hilio primario; se la conoce también como *arteria recurrente,* por su dirección ascendente y posterior. La porción restante de este tronco se distribuye por los lóbulos medio e inferior; penetra en la cisura interlobular, entre el bronquio del lóbulo superior y el bronquio intermedio, situándose primero por delante de éste y luego algo por fuera. Este tronco puede ser investigado exactamente por debajo de la pleura visceral, en el punto de unión de ambas cisuras; normalmente, está cubierto por un ganglio linfático de tamaño variable. Da origen a las **arterias del lóbulo medio,** que nacen de su porción interlobular y en su cara anterior, casi siempre en número

de dos y correspondiendo una a cada segmento. Las **arterias del lóbulo inferior,** en número de cinco, se hallan vinculadas a los bronquios correspondientes; se orginan de las superficies anterior y posterior del **tronco pulmonar inferior** o **basal.**

La **arteria pulmonar izquierda,** al ingresar en el parénquima pulmonar, cruza el bronquio principal y desciende por detrás del mismo, hasta penetrar en la cisura interlobular, donde su distribución es difícil de sistematizar.

Las **ramas destinadas al lóbulo superior** son muy variables en disposición y número: nacen casi siempre de cuatro a seis arterias, cada una independiente y muy corta, observándose habitualmente dos ramas para el segmento apicoposterior y tres o cuatro para los segmentos anterior y lingulares.

La **arteria para el segmento superior del lóbulo inferior (arteria 6)** tiene su origen en un plano superior a las lingulares. Las **arterias segmentarias basales,** originadas de uno o dos troncos, se disponen paralelamente a sus respectivos bronquios.

Embolia pulmonar. Consiste en el taponamiento de una arteria pulmonar por un coágulo de sangre procedente, generalmente, de trombos venosos en las piernas o la pelvis. Si afecta a una de las grandes arterias, puede provocar la muerte en minutos. Si el émbolo tapona una rama más pequeña, por ejemplo, una arteria segmentaria, será este territorio el que quede sin riego, dado el carácter terminal de estos vasos; en ocasiones, se instaura una circulación colateral por las anastomosis con las arterias bronquiales. Un factor predisponente a la embolia es la excesiva inmovilidad en cama tras una intervención quirúrgica.

VENAS PULMONARES

Existen dos venas para cada pulmón, que desembocan, habitualmente en forma independiente, en la aurícula izquierda (Fig. 9-30).

Las **venas del pulmón derecho** son las **venas pulmonares anterosuperior** y **posteroinferior derechas.**

La **vena pulmonar anterosuperior derecha** es el elemento más ventral del pedículo pulmonar, y recibe las **venas de los lóbulos superior y medio,** que se disponen con cierta aproximación a la distribución bronquial. Esta vena anterosuperior recibe, de arriba abajo: un **tronco apical anterior,** que drena a su vez los segmentos homólogos; una vena denominada **inferior**, que drena parte del segmento anterior, y por detrás de ella, profundamente, una **vena posterior,** que recibe la sangre del segmento 2. Por debajo de ambas, se abocan las **venas del lóbulo medio,** casi siempre formando un tronco común.

La **vena pulmonar posteroinferior derecha** es el elemento más caudal y dorsal del hilio primario, se visualiza mejor por vía posterior y recibe dos venas principales, la segmentaria superior y la basal principal, en la que desembocan todas las venas segmentarias basales.

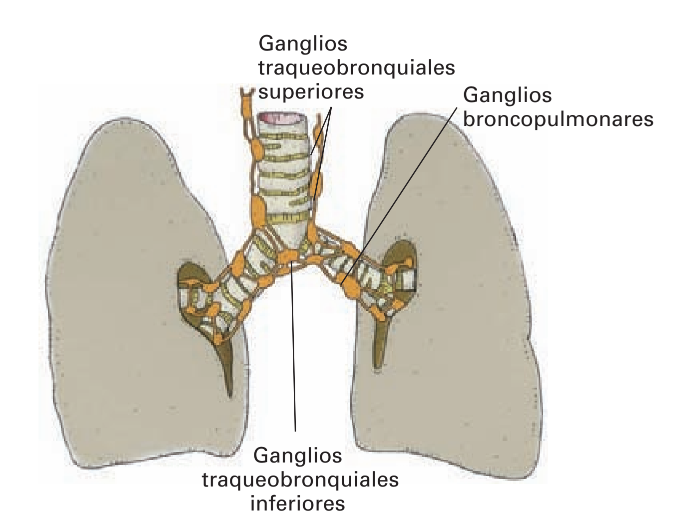


Figura 9-43. Drenaje linfático de los pulmones.

La disposición venosa en el lado izquierdo es similar a la del lado derecho.

La **vena pulmonar anterosuperior izquierda** recibe tres troncos principales que corresponden, de arriba abajo, al segmento apicoposterior, al segmento anterior y, por último, a los segmentos lingulares; todos ellos forman el plano anterior del hilio primario. En ocasiones, la **vena lingular inferior** puede desembocar en la vena pulmonar posteroinferior.

La **vena pulmonar inferior izquierda,** tiene una disposición prácticamente idéntica a su homónima del lado derecho y, como ésta, se la diseca fácilmente a partir del extremo superior del ligamento triangular.

Es importante señalar que, con cierta frecuencia, existen variedades en cuanto al número y disposición de las venas pulmonares, que si bien no constituyen una anomalía, deben tenerse en cuenta durante las intervenciones quirúrgicas del pulmón.

Edema pulmonar. Si la sangre oxigenada que retorna por las venas pulmonares al corazón encuentra dificutades para salir, se provoca un estancamiento de sangre en los capilares sanguíneos (**estasis**) que determina un aumento de la presión en los mismos, con el consiguiente trasudado de líquido al espacio intersticial entre capilares y alvéolos, líquido que termina pasando a los alvéolos y congestionando la vía respiratoria. Los síntomas que aparecen son: **disnea** (dificultad respiratoria) intensísima, acompañada de expectoración espumosa y sanguinolenta.

Vasa privata

Son los vasos encargados de nutrir las estructuras pulmonares.

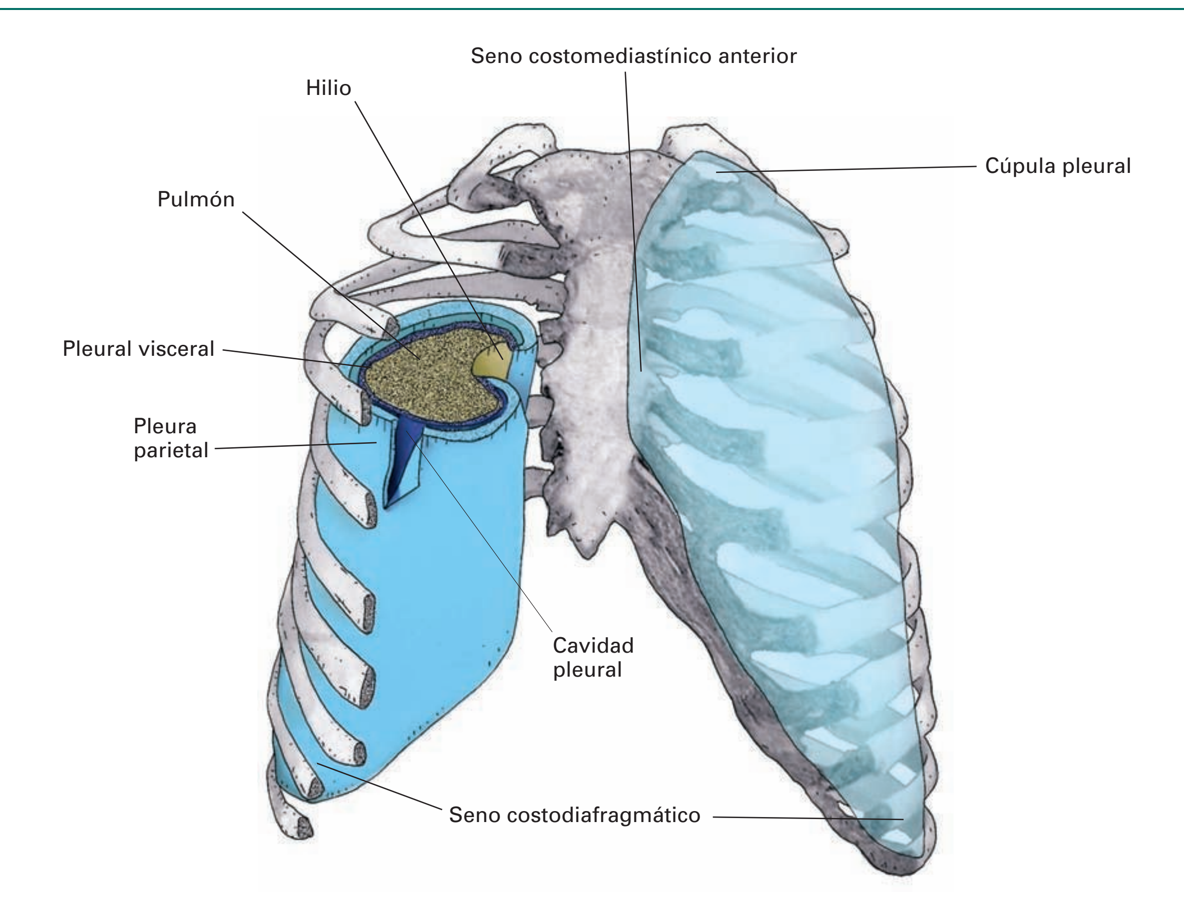


Figura 9-44. Visión anterior de las pleuras. En el hemitórax izquierdo se ha proyectado la silueta del saco pleural. El hemitóra derecho se ha abierto y el pulmón y la pleura han sido seccionados horizontalmente a nivel del hilio. La hoja parietal se ha retirado ligeramente para mostrar la cavidad pleural.

Arterias. Los bronquios están irrigados por la **arterias bronquiales.** Éstas pertenecen a la circulación sistémica y tienen su origen directo en la cara inferior del cayado de la aorta, en la aorta descendente o en alguna de las primeras arterias intercostales; en ocasiones, pueden nacer junto con ramas destinadas al tercio medio del esófago.

Las arterias bronquiales se individualizan muy bien en la cara posterior de los bronquios principales y sus primeras ramificaciones, donde están acompañadas por sus venas y el plexo nervioso pulmonar posterior.

Acompañan a los bronquios en todo su trayecto intrapulmonar. Establecen anastomosis con la arteria pulmonar en la pleura visceral y en la pared de los bronquios. Tienden a obliterarse con el envejecimiento.

Venas. Las **venas bronquiales** forman uns sistema profundo y otro superficial. El *sistema profundo,* que drena los bronquios intrapulmonares, desemboca en la **vena pulmonar;** el *sistema superficial,* que drena los bronquios principales, desemboca en las venas del **sistema ácigos.**

Linfáticos

Los linfáticos del pulmón (Fig. 9-43) se organizan en redes muy abundantes, tanto en la superficie como en el interior del órgano, y drenan la linfa en los **ganglios traqueobronquiales superiores e inferiores,** a través de **ganglios pulmonares** y de **ganglios broncopulmonares,** o bien directamente. Parte de la linfa drena en **los ganglios mediastínicos posteriores.**

Los vasos linfáticos de la mayor parte del lóbulo inferior derecho terminan en los grupos ganglionares traqueobronquiales inferiores (ganglios intertraqueobronquiales o subcarinales); éstos, a su vez, drenan hacia los ganglios traqueobronquiales superiores derechos. Los linfáticos de los lóbulos medios y sus regiones adyacentes drenan tanto en los ganglios traqueobronquiales inferiores, como en los traqueobronquiales superiores derechos. El resto de los colectores linfáticos del lóbulo superior derecho van directamente hacia los ganglios traqueobronquiales superiores derechos.

Los linfáticos del pulmón izquierdo tienen un comportamiento diferente: los colectores de los sectores in-

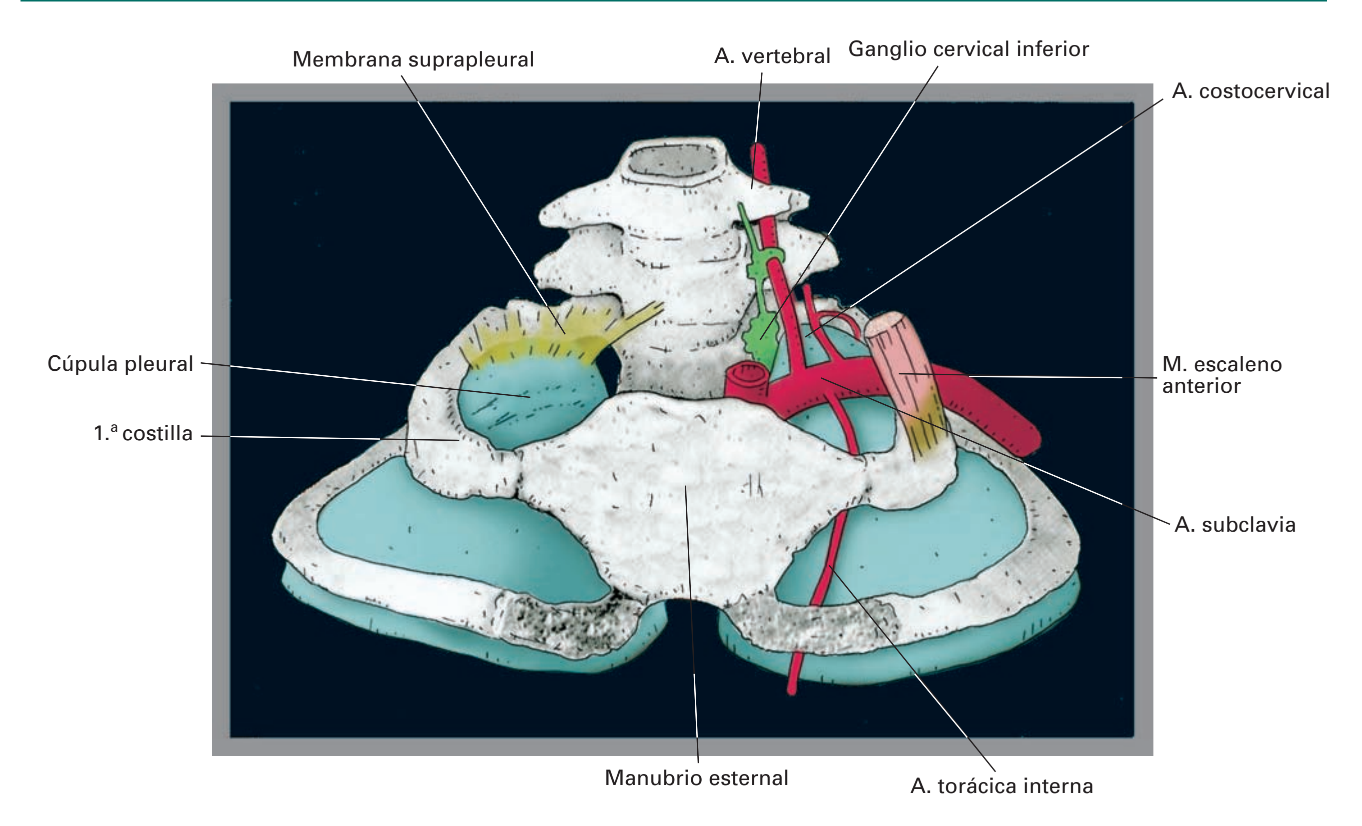


Figura 9-45. Cúpulas pleurales invadiendo la base del cuello.

feriores drenan hacia los grupos traqueobronquiales inferiores, y de ellos van a la cadena traqueobronquial superior izquierda. La mayor parte de los vasos linfáticos del sector medio (parte superior del lóbulo inferior y parte inferior del lóbulo superior) van a los ganglios traqueobronquiales inferiores y, de éstos, a los traqueobronquiales superiores izquierdos; el resto de los colectores de este sector alcanza los ganglios mediastínicos posteriores. El drenaje linfático de la porción superior del lóbulo superior se dirige a los ganglios traqueobronquiales superiores izquierdos y mediastínicos posteriores.

El conocimiento de la anatomía linfática tiene gran importancia para el estudio de la diseminación del cáncer pulmonar y su correspondiente estadificación.

PLEURAS

Las **pleuras**[9] son membranas serosas que envuelven a los pulmones en los espacios pleuropulmonares y permiten su desplazamiento durante los movimientos respiratorios (Figs. 9-31, 9-32 y 9-44). La pleura derecha y la izquierda son independientes; este hecho tiene gran importancia en la práctica clínica, ya que las lesiones de un lado no afectan necesariamente al contrario.

Como toda serosa, está formada por una **hoja parietal** (derivada de la somatopleura) y una **hoja visceral** (derivada de la esplanopleura), entre las que se delimita una cavidad virtual, la **cavidad pleural,** que contiene una pequeña cantidad de **líquido pleural.**

En la cavidad pleural existe una *presión negativa* con respecto al pulmón, algo esencial tanto para permitir la expansión del pulmón durante la inspiración, como para evitar el colapso pulmonar (los pulmones tienden a colapsarse debido a la retracción de sus fibras elásticas). La causa de esta presión negativa intrapleural es el continuo bombeo de líquido pleural hacia fuera por los vasos linfáticos de la pleura.

La pleura parietal reviste el interior de la pared torácica, el mediastino y la cara superior del diafragma, excepto en la zona que corresponde a la cara inferior del corazón. Por fuera de la pleura parietal, entre ella y la pared costal, existe un revestimiento conectivo, más o menos denso, que se denomina **fascia endotorácica,** y que se continúa con el tejido conectivo mediastínico.

La pleura visceral, o pulmonar, tapiza los pulmones, haciendo cuerpo con ellos, y se introduce en las cisuras, recubriéndolas. La única zona del pulmón que no reviste es el hilio, donde penetra el pedículo pulmonar correspondiente. Es lisa y muy brillante en estado normal.

Zona de reflexión de las hojas

Ambas hojas pleurales se unen a nivel de los bordes de hilio pulmonar (Figs. 9-31 y 9-44) y del extremo del pedículo

---

[9] Pleura, del griego *pleura* = costado.

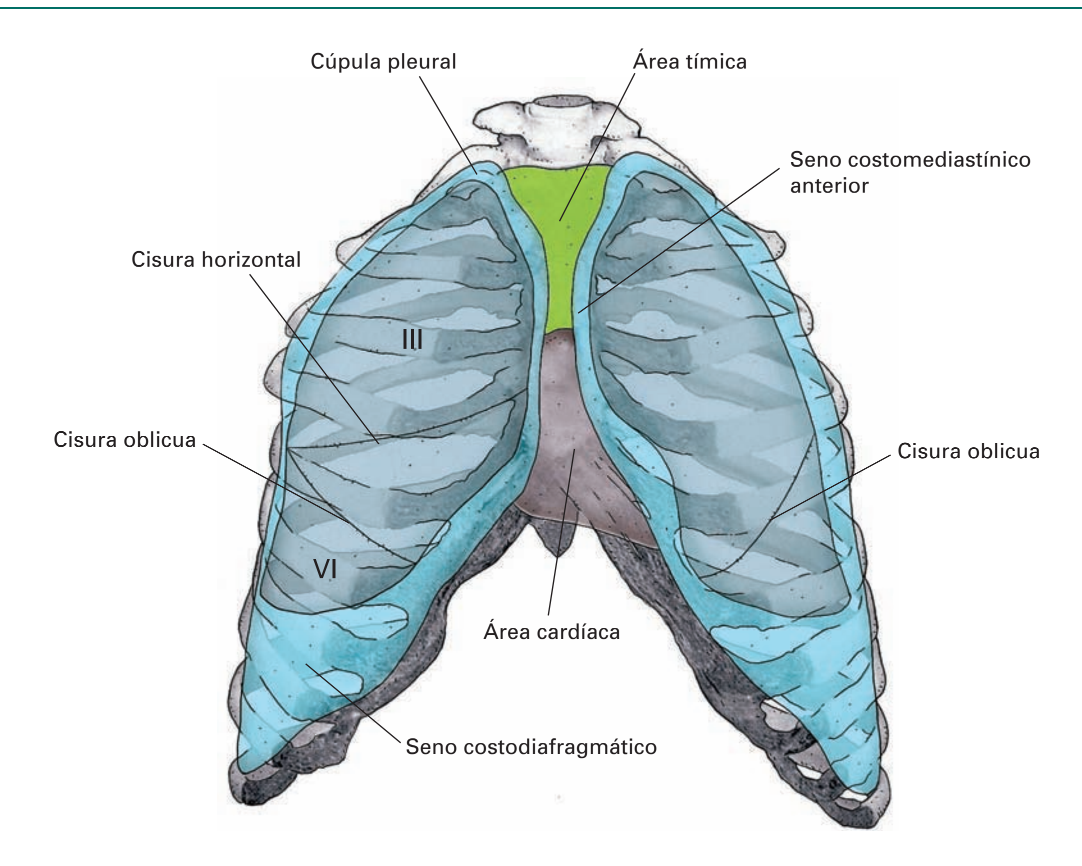


Figura 9-46. Proyección anteroposterior de las pleuras. Pleuras en azul para mostrar la proyección de los senos pleurales sobre la pared torácica. Los pulmones aparecen transparentados en gris. En verde, el área tímica; en malva, el área cardíaca (zona del pericardio no cubierta por las pleuras).

pulmonar, al que tapizan por delante, por encima y por detrás; por debajo, la zona de reflexión tiene forma triangular (**ligamento pulmonar**) y está formada por la aposición de las hojas unidas entre sí por tejido conectivo (Figs. 9-34 y 9-35). Este ligamento vincula la cara interna del pulmón a la pleura mediastínica que recubre el esófago.

Pleura parietal. Según las regiones que recubre, se puede dividir esta hoja en cuatro porciones: costal, diafragmática, mediastínica y apical (llamada habitualmente cúpula pleural).

La **porción costal** reviste casi por completo la pared torácica, desde el esternón hasta la parte lateral de la columna vertebral; se adapta a los relieves que presenta esta pared, a la que está unida por la fascia endotorácica.

La **pleura mediastínica** recubre los órganos del mediastino, y se introduce en los surcos que los separan, constituyendo a su vez el límite o pared lateral del mediastino. Entre el esófago y la vena ácigos, a la derecha, y entre el esófago y la aorta descendente, a la izquierda, forma los *fondos de saco pleurales interacigoesofágico* e *interaorticoesofágico,* respectivamente.

La **pleura diafragmática** se adapta a la convexidad de la cara superior del diafragma a ambos lados del mediastino y está fuertemente adherida al músculo.

Las tres porciones de la pleura parietal se unen entre sí formando fondos de saco o **senos pleurales,** de profundidad variable según la región. Estos senos se denominan: **costosmediastínicos anterior y posterior, frenicomediastínico** y **costodiafragmático;** este último es el más profundo y conforma un ángulo muy agudo.

Los senos pleurales se corresponden con los bordes del pulmón, los cuales se insinúan en ellos pero sin ocuparlos totalmente. El borde anterior del pulmón se corresponde con el seno costomediastínico anterior; el borde posterior con el seno costomediastínico posterior, y el borde inferior con los otros senos. Durante los movimientos respiratorios, los pulmones se expanden en estos senos pleurales. El borde inferior del pulmón no llena complemente el seno costodiafragmático, quedando entonces una zona «subpulmonar», denominada en clínica «zona muda», ya que en ella no se ausculta ruido respiratorio alguno.

La porción apical de la pleura parietal, o **cúpula pleural,** corresponde al vértice del pulmón (Fig. 9-45). Como ya se ha mencionado, y obedeciendo a la oblicuidad de la primera costilla, el vértice pulmonar asciende hasta casi tres centímetros en la región supraclavicular. En esta región se describe un espacio, situado por encima y por detrás de la cúpula pleural, que se conoce como **fosa suprarretropleural,** y que está ocupada por un reforzamien-

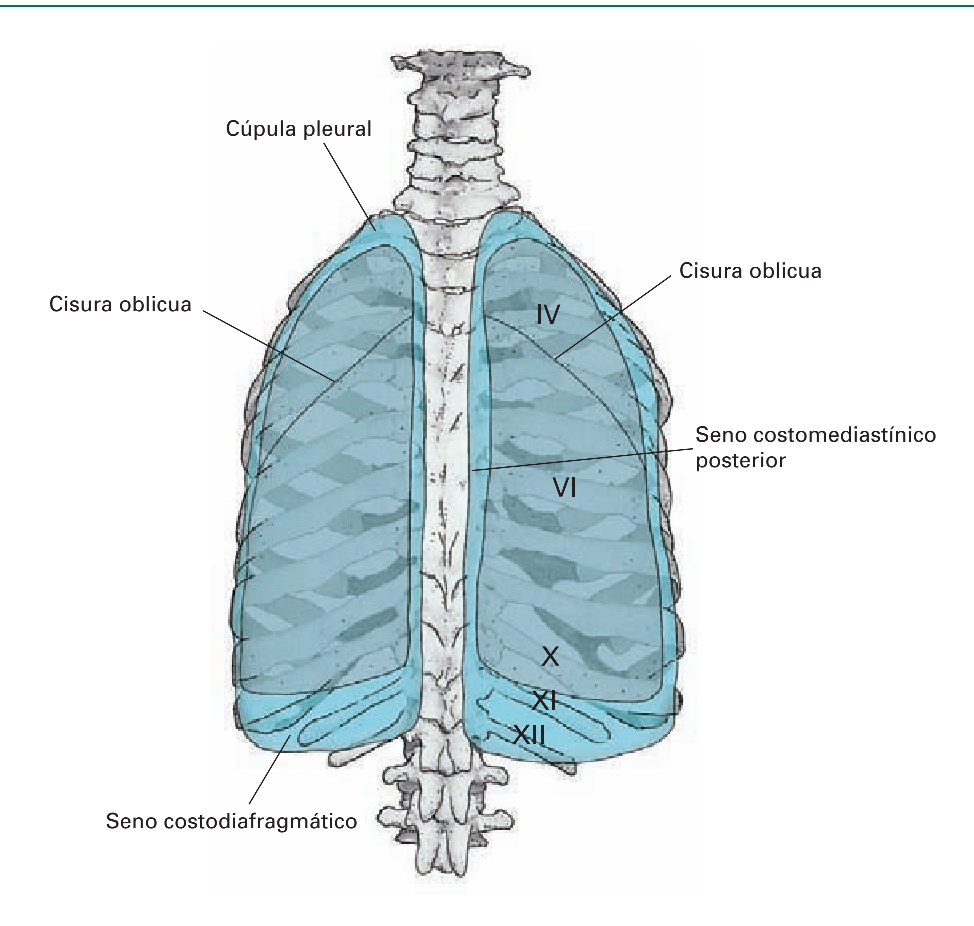


Figura 9-47. Proyección posterior de las pleuras. Pleuras en azul para observar la proyección de los senos pleurales sobre la pared posterior del tórax. Los pulmones aparecen transparentados en gris.

to conectivo de la pleura denominado **membrana suprapleural.** Esta membrana, fuerte pero no compacta, conecta el borde interno de la primera costilla y las apófisis transversas cervicales 6.ª y 7.ª con la cúpula, a modo de dispositivo suspensorio. La cúpula pleural contrae numerosas e importantes relaciones con los vasos subclavios y algunas de sus ramas, con los nervios vago y frénico, y con la cadena simpática laterovertebral. El ganglio cervical inferior ocupa la fosa suprarretropleural, y puede estar fusionado con el primer ganglio torácico, constituyendo el ganglio estrellado. La arteria vertebral se encuentra junto a este ganglio.

Los tumores del vértice del pulmón, cuando se extienden más allá de los límites de la pleura parietal apical, comprometen el sistema simpático y el plexo braquial en sus raíces más distales. Esto se traduce en un complejo sindrómico caaracterizado por miosis, enoftalmia, disminución de la hendidura palpebral y ausencia de sudoración hemifacial homolateral (**síndrome de Claude Bernard-Horner**). Cuando se compromete el plexo braquial, aparece un intenso dolor en la región y en el miembro superior (territorio de inervación del nervio cubital), y a veces parálisis de los músculos intrínsecos de la mano.

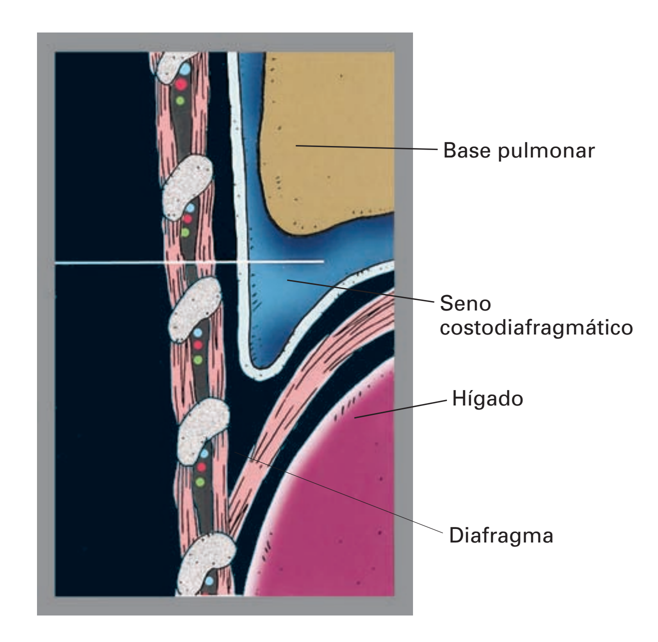


Figura 9-48. Esquema para mostrar una punción pleural en el seno costodiafragmático. La aguja penetra por la parte inferior del espacio intercostal.

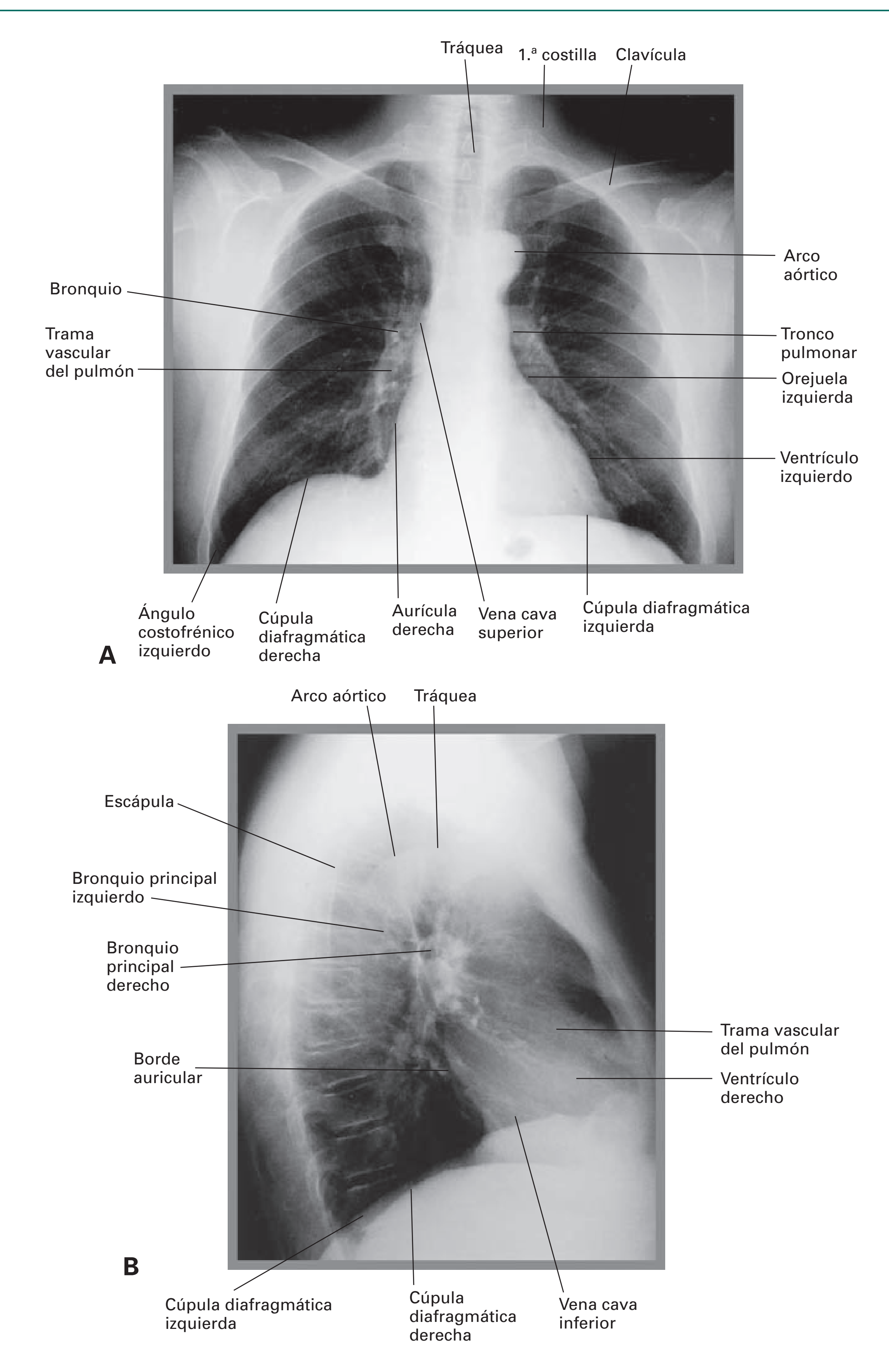


Figura 9-49. Radiografías de tórax. (A) Anteroposterior. (B) Lateral.

PROYECCIÓN DE LOS SENOS PLEURALES EN LA SUPERFICIE TORÁCICA

El conocimiento de la proyección sobre la caja torácica de las líneas de reflexión de la pleura parietal, para formar los distintos senos pleurales, tiene un gran interés clínico para poder efectuar una adecuada exploración cardiopulmonar tanto por percusión, como por auscultación.

El **seno costomediastínico anterior** se correponde con el borde anterior del pulmón (Figs. 9-44 y 9-46). Presenta alguna diferencia entre los lados derecho e izquierdo debido a la escotadura cardíaca. En algún punto, los dos senos están prácticamente en contacto.

El seno derecho comienza en la articulación esternocostoclavicular, se dirige algo oblicuamente hacia abajo y hacia la línea media, y se sitúa en la parte media del esternón, a nivel del 2.º cartílago costal; luego desciende verticalmente hasta la altura de 4.º cartílago y, finalmente, se inclina ligeramente hacia abajo y a la derecha, hasta el extremo anterior del 6.º cartílago costal donde se continúa con el seno costodiafragmático.

El seno izquierdo tiene una proyección idéntica hasta la altura del 4.º cartílago costal, pero a partir de ahí, sigue la escotadura cardíaca y se dirige lateralmente, formando un arco cóncavo, hacia la línea media; finalmente cruza el 6.º cartílago, a unos 2 ó 3 cm del esternón.

Entre ambos senos queda un espacio en forma de reloj de arena (Fig. 9-46): el espacio superior, pequeño, corresponde al timo y a los grandes vasos; el espacio inferior comprende la zona de pericardio que no está cubierta por la pleura (área cardíaca).

El **seno costomediastínico posterior** sigue la vertiente anteroexterna de los cuerpos vertebrales y se corresponde con el borde posterior del pulmón (Fig. 9-47).

El **seno costodiafragmático** rebasa, con mucho, el nivel inferior de los pulmones. Es el más profundo y extenso, sobre todo hacia los lados y hacia atrás. En una respiración normal, queda unos 5 cm por debajo del pulmón (Figs. 9-44, 9-45 y 9-46).

Continúa al seno costomediastínico anterior, se dirige hacia abajo y hacia fuera, cruzando al 8.º cartílago costal a la altura de la línea medioclavicular; sigue descendiendo hasta el 10.º cartílago, a nivel de la línea axilar media, y llega hasta su punto más declive, el 11.º cartílago. Se dirige medialmente por detrás, cruzando, en la mayor parte de los casos, la 12.ª costilla, y termina a la altura del disco intervertebral entre T12 y L1, continuándose con el seno costomediastínico posterior.

Cavidad pleural

Es un espacio virtual con una pequeña cantidad de líquido que la lubrifica, evitando la fricción entre las hojas, al tiempo que facilita el desplazamiento de los pulmones.

El líquido pleural es parecido al líquido intersticial. Se produce y elimina como un trasudado entre el líquido intersticial y la cavidad pleural a través de la membrana serosa. Parte del mismo también se reabsorbe por vía linfática.

> La cavidad pleural aumenta de tamaño cuando hay un derrame. Éste puede deberse a un exceso de trasudado de líquido (**hidrotórax**), acumulación de sangre (**hemotórax**) o de pus (**empiema pleural**). El hidrotórax suele ser consecuencia de una inflamación de la pleura (**pleuritis**). Se puede complicar con la aparición de pus. El hemotórax se produce, generalmente, por heridas de la pared torácica; la fractura de una costilla puede hacer que el fragmento óseo rasgue la pleura y el pulmón.
>
> Los derrames pleurales deben drenarse mediante **punción pleural,** ya que, entre otras complicaciones, comprimen los pulmones y dificultan la respiración (Fig. 9-48). Se debe practicar con el paciente sentado, de modo que el derrame se acumule en la parte más baja el seno costodiafragmático. Se punciona con una aguja gruesa de drenaje en el espacio intercostal; la aguja debe introducirse por la parte inferior del espacio, haciéndola resbalar sobre el borde superior de la costilla subyacente; esta maniobra tiene por objeto evitar la lesión del paquete vasculonervioso intercostal, que discurre por la parte superior del espacio.
>
> La cavidad pleural también puede hacerse real por la entrada de aire (**neumotórax**), que puede ser abierto o cerrado. El neumotórax abierto es consecuencia de una herida de la pared torácica que provoca la entrada de aire desde el exterior. El neumotórax cerrado se produce cuando el aire pasa del pulmón a la pleura; se debe, muchas veces, a la rotura de un ácino pulmonar dilatado (bulla enfisematosa) en la superficie pulmonar.

Vascularización

La pleura parietal está ricamente vascularizada. Las **arterias** provienen de ramas de las intercostales, torácicas internas y frénicas superiores. Las **venas** desembocan en el sistema venoso ácigos. Los **linfáticos** llegan a los ganglios de la pared costal, que pueden conectarse con los ganglios axilares, o con los esternales e intercostales; los linfáticos de la pleura mediastínica son tributarios de los ganglios mediastínicos. La red linfática de la cúpula pleural se vincula a los ganglios cervicales profundos, supraclaviculares e incluso axilares.

La pleura visceral está irrigada por las arterias bronquiales. Sus venas terminan en las venas pulmonares y sus linfáticos drenan en los ganglios pulmonares hiliares.

Inervación

La pleura visceral carece de inervación, por lo que resulta insensible.

La pleura parietal está ricamente inervada. Los nervios sensitivos son muy abundantes, lo que explica su gran sensibilidad al dolor. Proceden, según la región, de los nervios **intercostales** y de los **frénicos,** que por sus aferencias determinan la irradiación del dolor (omalgia y dolor escapular) en ciertos procesos patológicos.

SECCIÓN VI

APARATO URINARIO

CAPÍTULO 10

Aparato urinario

ORGANIZACIÓN GENERAL

El **aparato urinario** está constituido por dos órganos que producen la orina, los **riñones**, y por las **vías urinarias**, que la conducen al exterior. Las vías urinarias constan de varias partes: una serie de tubos para cada riñón (**cálices, pelvis y uréter**), que transportan la orina desde los riñones a la vejiga urinaria; la **vejiga urinaria**, una formación sacular que sirve de reservorio de orina entre las micciones; y un conducto excretor, la **uretra**, que conduce la orina hacia el exterior.

El aparato urinario y el aparato reproductor guardan una íntima relación evolutiva y embriológica, de ahí que tanto en embriología como en anatomía comparada se hable de un aparato *genitourinario*. Gran parte de ambos aparatos deriva del *mesodermo intermedio* y, en las etapas tempranas del desarrollo, la *cloaca* es una cavidad común en la que desembocan los conductos excretores urinario y genital, además de ser la porción terminal del tubo digestivo. Los cambios sexuales y reproductivos que tienen lugar durante la evolución de los vertebrados condicionan la morfología de la cloaca y la progresiva independencia de los aparatos digestivo, genital y urinario. Como huella de ese origen común, en el varón, la uretra permanece como conducto terminal de las vías urinaria y espermática.

En esta obra mantenemos la separación entre los aparatos urinario y reproductor; ello es coherente con el criterio sistemático y funcional que hemos adoptado, así como con la realidad y práctica médica.

RIÑONES

Los **riñones** son dos órganos, derecho e izquierdo, cuya función es la producción de orina, y, de este modo, regular el volumen y la composición de los líquidos corporales contribuyendo de forma fundamental a la *homeostasis* del organismo. La orina se produce mediante complejos procesos de filtración de sangre, de reabsorción y de secreción. Gracias a su producción, se excretan productos del metabolismo, se elimina el exceso de agua y de sales, se controla la concentración de sustancias y se mantiene el pH.

El riñón lleva a cabo, además, una importante función de secreción endocrina contribuyendo a funciones como la regulación de la presión arterial a través de la secreción de *renina*, la estimulación de la producción de eritrocitos en la médula ósea secretando *eritropoyetina* o el control del metabolismo del calcio por medio de la secreción de *25-hidroxicolecalciferol*, que participa en la síntesis de vitamina D.

Las enfermedades renales son una de las causas más importantes de muerte o de enfermedad crónica grave. La alteración del riñón se manifiesta por *insuficiencia renal*, aguda o crónica. Como el fallo de la función renal implica la dificultad o imposibilidad de eliminar los productos tóxicos del metabolismo y de mantener el equilibrio de los líquidos del organismo, en muchos casos es preciso recurrir a procedimientos de diálisis mediante el empleo del *riñón artificial*. El riñón artificial permite mantener la vida de los pacientes duran-

te muchos años. En pacientes con insuficiencia renal crónica o terminal puede realizarse un *trasplante*. El riñón trasplantado suele colocarse en posición retroperitoneal sobre la fosa ilíaca.

Agenesia renal. Algunos sujetos (0.1 %) sólo tienen un riñón (agenesia renal unilateral). Se trata de una malformación congénita que puede pasar completamente desapercibida, pues el riñón existente experimenta una hipertrofia compensadora. Suele descubrirse de forma casual, generalmente en la infancia o la adolescencia.

Situación (Fig. 10-1)

Los riñones están situados en el **espacio retroperitoneal**, aplicados sobre la pared posterior del abdomen, a ambos lados de la columna vertebral entre D12 y L3; el derecho está en una posición ligeramente más baja, posiblemente por su relación con el hígado.

Los riñones flanquean los grandes vasos abdominales, el riñón derecho a la derecha de la vena cava inferior, y el riñón izquierdo, algo más alejado, a la izquierda de la aorta abdominal. Se encuentran debajo del diafragma, separados de él por las glándulas suprarrenales. Debido a la fuerte concavidad del diafragma, la parte superior de los riñones se sitúa por delante de la porción lumbar de este músculo. Delante de los riñones se dispone el complejo duodenopancreático; además, el riñón derecho es posterior al hígado y el izquierdo al bazo y al estómago.

Ectopia renal. Uno o los dos riñones pueden ocupar una posición más baja, generalmente en la pelvis ma-

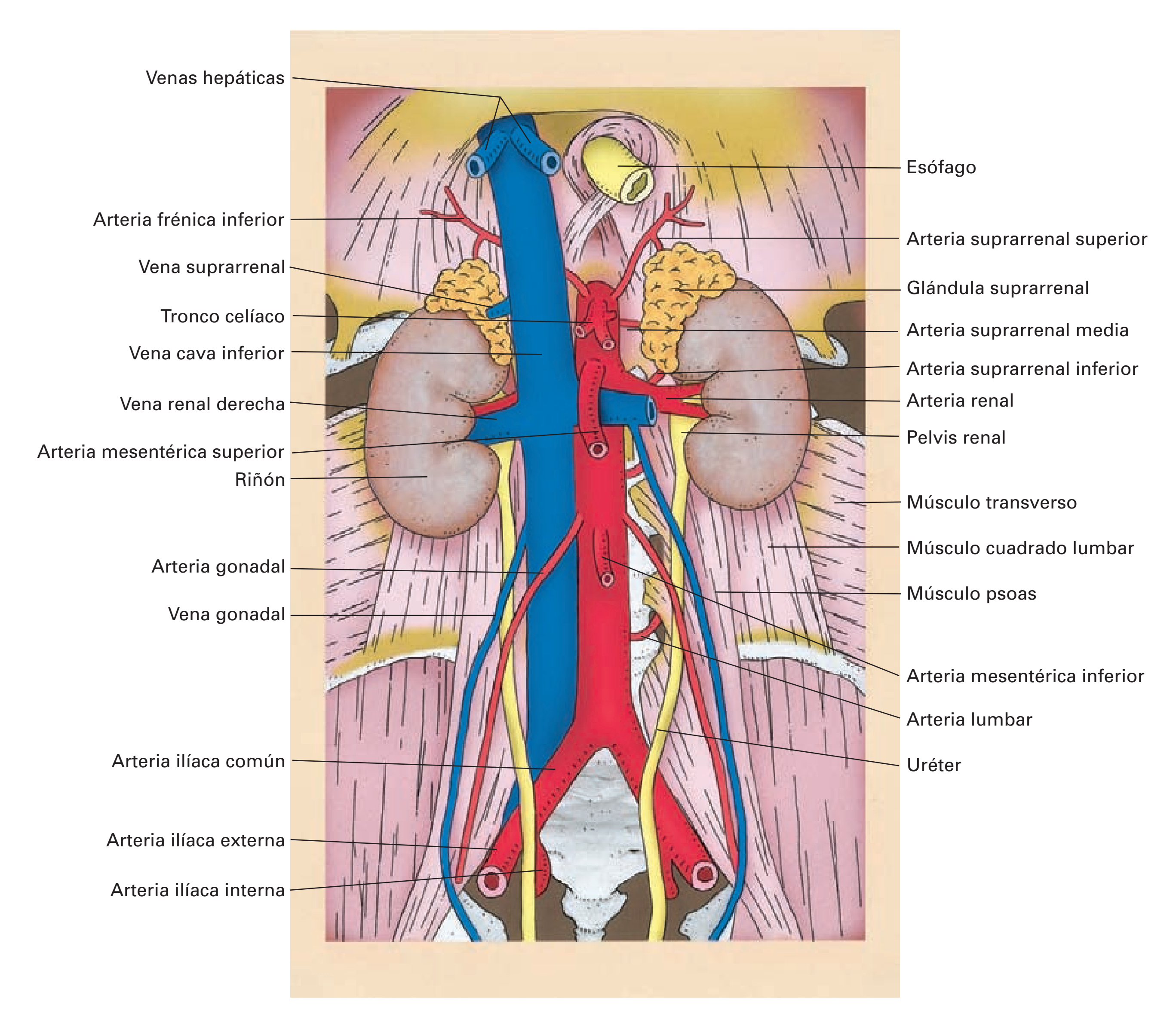


Figura 10-1. Visión anterior de los órganos abdominales profundos.

yor apoyados sobre el músculo ilíaco. Se debe a un fallo del desplazamiento de los esbozos renales durante el desarrollo embrionario.

Proyección (Fig. 10-2)

La proyección de los riñones sobre las paredes abdominales tiene interés clínico en la exploración manual de estos órganos, la valoración o el alcance de lesiones en las regiones lumbar y torácica, así como el establecimiento de la vía quirúrgica de acceso.

En el plano posterior, los riñones se proyectan sobre un área comprendida entre la 11.ª costilla, la cresta ilíaca y la columna vertebral, haciéndolo de la siguiente manera: *a*) la mitad superior, a través del diafragma, sobre un plano osteomuscular formado por las dos últimas costillas y el 11.º espacio intercostal; entre el diafragma y la caja torácica se encuentra el seno pleural costodiafragmático. *b*) la mitad inferior de los riñones sobre el plano muscular formado por el psoas, el cuadrado lumbar y la aponeurosis posterior del transverso del abdomen. El polo inferior se encuentra a 2-3 cm por encima del plano supracrestal, que es la parte culminante de la cresta ilíaca.

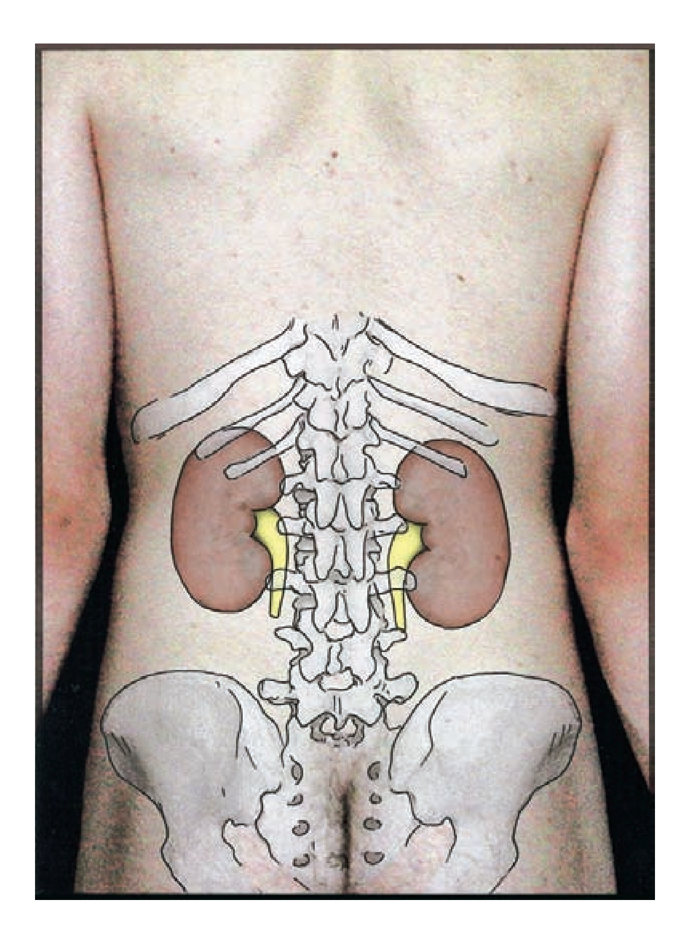


Figura 10-2. Proyección de los riñones sobre la pared posterior del tronco. Obsérvese la posición más caudal del riñón derecho y cómo los polos superiores de los riñones se relacionan con el último espacio intercostal.

En el plano anterior debemos referirnos a la línea transpilórica, ya que los hilios renales se proyectan sobre ella, el derecho por debajo y el izquierdo por encima. En bipedestación e inspiración profunda la posición del riñón desciende unos 3 cm respecto a la posición de decúbito y espiración.

Forma

La forma del riñón se ha comparado a la de una alubia. Se pueden reconocer dos caras, dos bordes y dos polos (Fig. 10-3). Las **caras** son una **anterior** y otra **posterior**. En sus extremos se continúan mediante los polos renales. Hay un **polo superior**, sobre el que se apoya la glándula suprarrenal, y un **polo inferior**. El **borde lateral** del riñón es sumamente convexo y el **borde medial** está escotado en su parte central formando el **hilio renal**.

El riñón no es exactamente vertical. Su eje mayor, que une los polos, es ligeramente oblicuo hacia abajo y hacia fuera, y de atrás adelante. Debido a esta oblicuidad, el polo superior está más próximo a la columna vertebral y el borde medial está algo más levantado hacia delante. Esta oblicuidad obedece a la forma y posición del músculo psoas que se encuentra detrás del riñón.

El hilio renal es una hendidura vertical atravesada por el *pedículo renal*, que está formado por los vasos y nervios

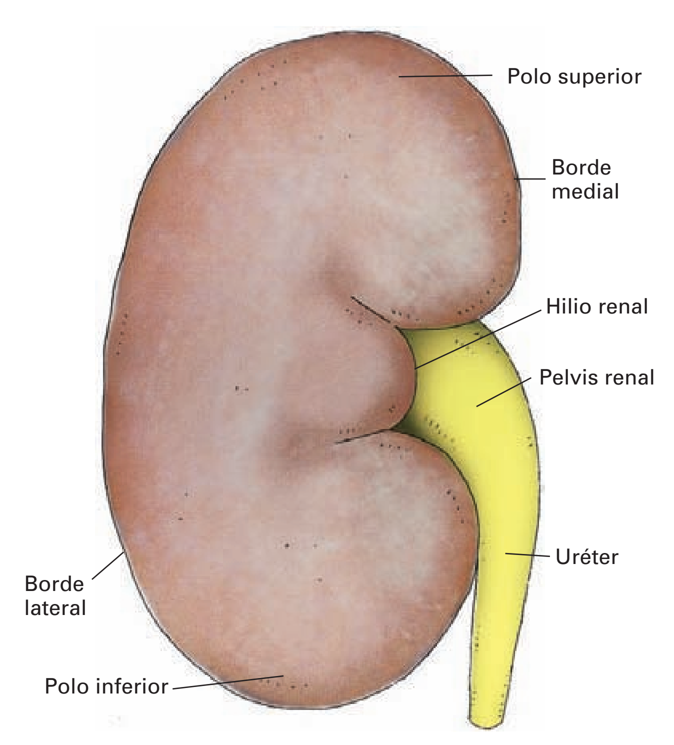


Figura 10-3. Riñón derecho visto por su superficie anterior.

renales y la **pelvis renal** (Fig. 10-4). A través del hilio se llega al **seno renal**. Este consiste en un espacio de unos 3 cm de profundidad, situado en el interior del riñón. Sólo se observa en los cortes del órgano; está ocupado, además de por los elementos del pedículo y sus ramificaciones, por los cálices renales y por tejido graso que se continúa por el hilio con la cápsula adiposa (véase más adelante). Las paredes del seno están formadas por el parénquima renal y presentan una serie de elevaciones mamelonadas, en número de 7 a 14, que son las **papilas renales**. Las papilas están perforadas en su parte culminante por numerosos **orificios papilares**, diminutos, aunque visibles con lupa, que representan el punto de apertura de los tubos colectores. Los orificios confieren a las papilas un aspecto de tamiz o criba, y por ello esta zona se denomina **área cribosa**.

La superficie del riñón está cubierta por la **cápsula fibrosa**. Esta envoltura conectiva, lisa y brillante se adhiere al parénquima y se introduce por el hilio para tapizar las paredes del seno renal a modo de fondo de saco. Está en continuidad con el tejido conectivo de los vasos y cálices renales.

Los riñones no pueden palparse en condiciones normales y especialmente en las personas obesas; en sujetos delgados o con escaso desarrollo muscular y mediante palpación bimanual es posible alcanzar el polo inferior del riñón derecho en la región lumbar derecha al final de una inspiración profunda.

Medios de fijación: fascia renal y cápsula adiposa

El riñón mantiene su sitio debido a la aposición de las vísceras vecinas y a la existencia de unas envolturas conec-

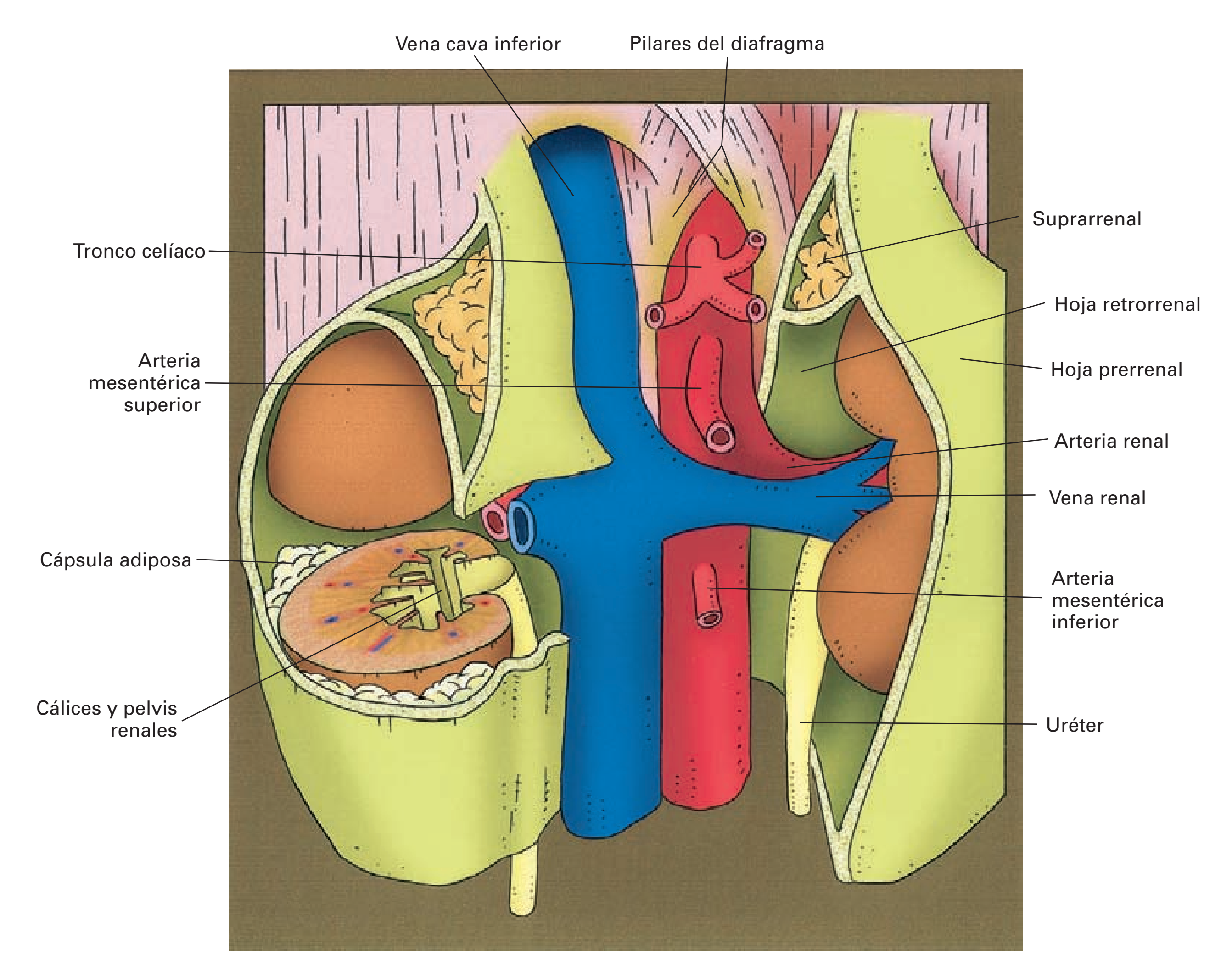


Figura 10-4. Representación esquemática de la fascia renal para mostrar su relación con el riñón, las glándulas suprarrenales y los grandes vasos del abdomen. En ambos lados, la fascia ha sido abierta para mostrar la celda renal. El riñón derecho ha sido seccionado transversalmente para mostrar los cálices y la pelvis renales en el interior del seno renal.

tivas, fibrosas y grasas, que lo fijan a las paredes corporales con las que se relaciona. El papel de los vasos renales o del peritoneo abdominal en el mantenimiento de la posición renal parece poco importante. Estos elementos conectivos, fascia renal y cápsula adiposa, delimitan el compartimento renal, donde se encuentran el riñón, el pedículo renal, el comienzo del uréter y las glándulas suprarrenales.

Fascia renal (Fig. 10-4)

La **fascia renal** es una envoltura fibrosa formada por la condensación, a nivel del riñón, del tejido conectivo subperitoneal.En el borde lateral del riñón, la fascia se desdobla en una hoja anterior y una hoja posterior. La *hoja anterior o prerrenal* cubre la cara anterior del riñón y del pedículo renal, se fusiona con el tejido conectivo que envuelve el pedículo y se confunde con la vaina de los grandes vasos abdominales, aorta y cava inferior. La *hoja posterior o retrorrenal* es más densa y resistente, cubre la cara posterior del riñón pasando por delante del psoas y el cuadrado lumbar, se fusiona a la fascia del psoas y termina en la línea media uniéndose firmemente a la columna vertebral y al tejido conectivo que rodea los grandes vasos abdominales. Este tejido conectivo perivascular es una zona de unión de las dos hojas y, en consecuencia, establece una separación entre los compartimentos renales derecho e izquierdo.

Hacia arriba, las dos hojas de la fascia se fusionan por encima de la glándula suprarrenal continuándose con el tejido conectivo subdiafragmático. Entre el riñón y la glándula suprarrenal se interpone un tabique conectivo.

Hacia abajo, las láminas se continúan, adosadas, pero sin unirse entre sí, con el tejido conectivo retropritoneal, conteniendo entre ellas al uréter.

Los **abscesos perirrenales**, como se observa en clínica, no se difunden de un compartimento renal al otro gracias a la disposición de la fascia renal, pero sí lo hacen hacia la pelvis, acompañando al uréter en su trayecto descendente. Debido a la unión de la fascia renal con el tejido conectivo subdiafragmático, el riñón acompaña al diafragma en el curso de los movimientos respiratorios y se eleva en la inspiración.

Cápsula adiposa

La fascia renal no está en contacto con la superficie del riñón, sino separada de ella por la **cápsula adiposa** (Fig. 10-4). Se trata de una capa de tejido graso, lobulado, aunque fluido y blando en el ser vivo, que rodea los elementos contenidos en el compartimento renal, prolongándose por el hilio hacia el seno renal. En el adulto no tiene un grosor homogéneo y está especialmente desarrollada en la cara posterior, el borde lateral y el polo inferior del riñón. La cápsula adiposa está atravesada por trabéculas conectivas que se extienden desde la fascia renal a la cápsula fibrosa.

Por detrás del riñón y por fuera de la fascia renal, a nivel del polo inferior, se dispone una gruesa capa de grasa , el **cuerpo adiposo pararrenal**, que alcanza la fosa ilíaca. Desempeña un papel de almohadilla sobre la que se apoya el riñón y evita su descenso.

La cápsula adiposa está sujeta a variaciones importantes a lo largo de la vida; en los primeros años está reducida a una delgada lámina con escasos lóbulos grasos y a partir de los ocho años aumenta su contenido graso y adopta progresivamente la disposición adulta. La cápsula adiposa «rellena» el espacio entre la cápsula fibrosa y la fascia renal constituyendo así un excelente medio de sujeción al solidarizar el riñón y sus vasos con la envoltura fascial que permanece unida a las estructuras vecinas.

La grasa pararrenal y la cápsula adiposa presentan importantes variaciones individuales; muy desarrolladas en las personas obesas, pueden estar prácticamente ausentes en sujetos emaciados. Si la cápsula adiposa está poco desarrollada, el riñón puede descender en el interior de la fascia renal hacia la fosa ilíaca (**ptosis renal**). Al reducirse la cápsula adiposa, el riñón se mueve en exceso dentro de su compartimento y puede dar síntomas de cólico renal por torcimiento del uréter.

Relaciones de los riñones (véase espacio Retroperitoneal)

Estructura

La organización de la estructura renal se puede observar bien en un corte frontal del órgano. Bajo la cápsula fibrosa, el parénquima consta de dos porciones, **corteza** y **médula**. La corteza es la parte periférica o externa y la médula es la zona central e interna (Fig. 10-5).

La médula renal está formada por una serie de unidades, las **pirámides renales**, de aspecto estriado y de color rojo oscuro. El número de pirámides es variable y oscila entre 5 y 11. Cada pirámide renal tiene la base orientada hacia la superficie y el vértice hacia el seno renal. El vértice se denomina **papila renal** y se encuentra perforado por orificios de desembocadura de los tubos urinarios (**área cribosa**).

La corteza tiene un aspecto más pálido y granuloso. Se encuentra rodeando la base y los lados de las pirámides renales, a modo de casquete. La parte que rodea la base se denomina *arco cortical* y la que rodea los flancos laterales, introduciéndose entre las pirámides hasta el seno, forma las **columnas renales**, denominadas así por su aspecto columnar en los cortes sagitales. En la porción arqueada de

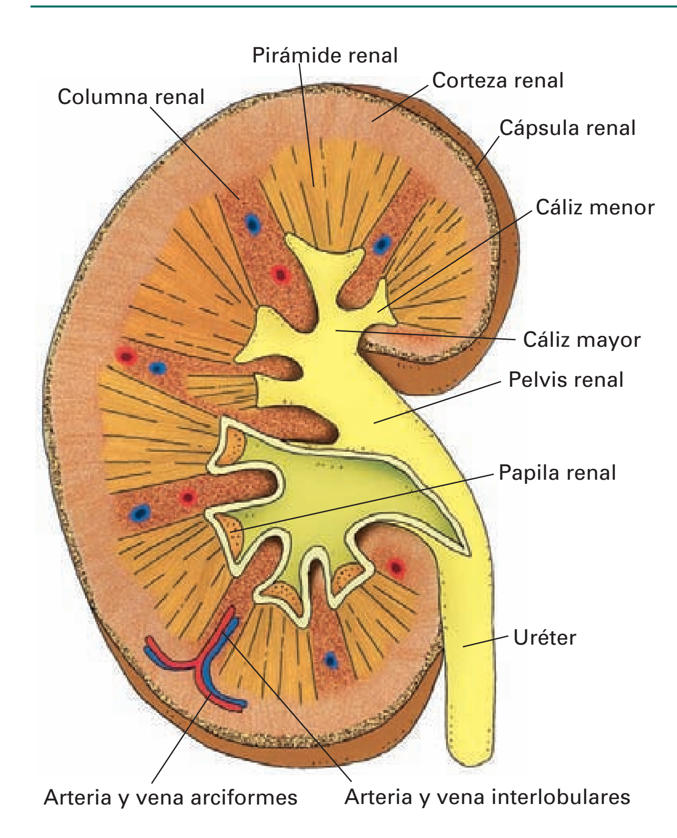


Figura 10-5. Sección frontal del riñón derecho para mostrar su estructura. La pelvis renal y los cálices han sido abiertos en su parte inferior para mostrar las papilas renales.

la corteza se encuentran unas finas columnitas, la **porción radiada** (*radiaciones medulares* o *columnas de Ferrein*[1]), que parecen continuarse con las estriaciones de las pirámides. La sustancia cortical que queda entre las porciones radiadas es la **porción contorneada** (*laberinto cortical*). La zona de corteza próxima a la médula suele denominarse, en ocasiones, *zona yuxtamedular*.

Lobulillo renal. Se denomina así al territorio cortical comprendido entre dos arterias interlobulillares (véase más adelante) y constituido por una radiación medular y la porción contorneada circundante.

Lobulación renal

Cada **lóbulo renal** está constituido por una pirámide renal y la corteza que la rodea. En el adulto hay tantos lóbulos renales como pirámides, es decir, entre 5 y 11. En los seres humanos, a diferencia de otros mamíferos, sólo existen lóbulos renales independientes visibles en la superficie como elevaciones redondeadas separadas por surcos, durante el período fetal. Se observa en el recién nacido y desaparece progresivamente durante los primeros seis años de vida.

[1] Antoine Ferrein, médico francés (1693-1769).

Estructura funcional del sistema tubular del riñón (Fig. 10-6)

El riñón está formado por un complejo sistema de túbulos inmersos en una fina trama conectiva por la que discurren vasos sanguíneos, linfáticos y algunas fibras nerviosas. El sistema de túbulos es el lugar de formación de orina y consta de dos partes embriológicamente distintas, las **nefronas** (derivadas del blastema metanefrógeno) y los **tubos colectores** (derivados de la yema ureteral). La nefrona y los tubos colectores correspondientes forman la unidad estructural y funcional del riñón. En un tubo colector desembocan varias nefronas. Se calcula en más de un millón el número de nefronas de cada riñón. Con el envejecimiento disminuye progresivamente el número de nefronas.

La nefrona consta de dos partes, el corpúsculo renal y la porción tubular. El **corpúsculo renal** (*corpúsculo de Malpighi*) está formado por un ovillo capilar, el **glomérulo**, rodeado por una doble membrana celular, la **cápsula glomerular (cápsula de Bowman**[2]) (Figs. 10-7, 10-8 y 10-9). La cápsula de Bowman es el extremo ciego de la nefrona, en forma de copa, invaginado en un extremo por el glomérulo y en continuidad con la porción tubular por el otro. La cápsula consta de una **capa** externa o **parietal** y una **capa** interna o **visceral** que reviste directamente los capilares del glomérulo. La capa parietal es un epitelio plano y la capa visceral consiste en un tipo especial de células epiteliales, los **podocitos**. Entre ambas capas se forma el **espacio urinario**. El extremo de la cápsula de Bowman por donde el espacio urinario se continúa con la porción tubular se denomina **polo urinario**. El extremo opuesto, por donde el glomérulo está en continuidad con la circulación general, es el **polo vascular**.

El glomérulo renal es un conjunto de asas capilares muy plegadas en continuidad con dos arteriolas, la **arteriola aferente** y la **arteriola eferente**. La arteriola aferente se abre en las asas capilares y por ella entra la sangre; la arteriola eferente recoge la sangre que sale del glomérulo. La zona del polo vascular donde las arteriolas se continúan con las asas capilares es la **región mesangial** y está ocupada por las **células mesangiales** envueltas en matriz extracelular. Posiblemente son células que contribuyen a fijar el glomérulo; además, tienen capacidad fagocitaria.

Glomerulonefritis. La glomerulonefritis aguda es una lesión de los glomérulos producida a consecuencia de una infección de las amígdalas, la faringe o la piel, generalmente por una bacteria de tipo estreptococo. Días después del episodio infeccioso tiene lugar una reacción inmunitaria anormal que lesiona el glomérulo. Los anticuerpos formados contra los antígenos estreptocócicos reaccionan con éstos formando complejos insolubles que se depositan en las paredes de los glomérulos. En muchos casos la enfermedad

[2] William Bowman, anatomista y oftalmólogo inglés (1816-1892).

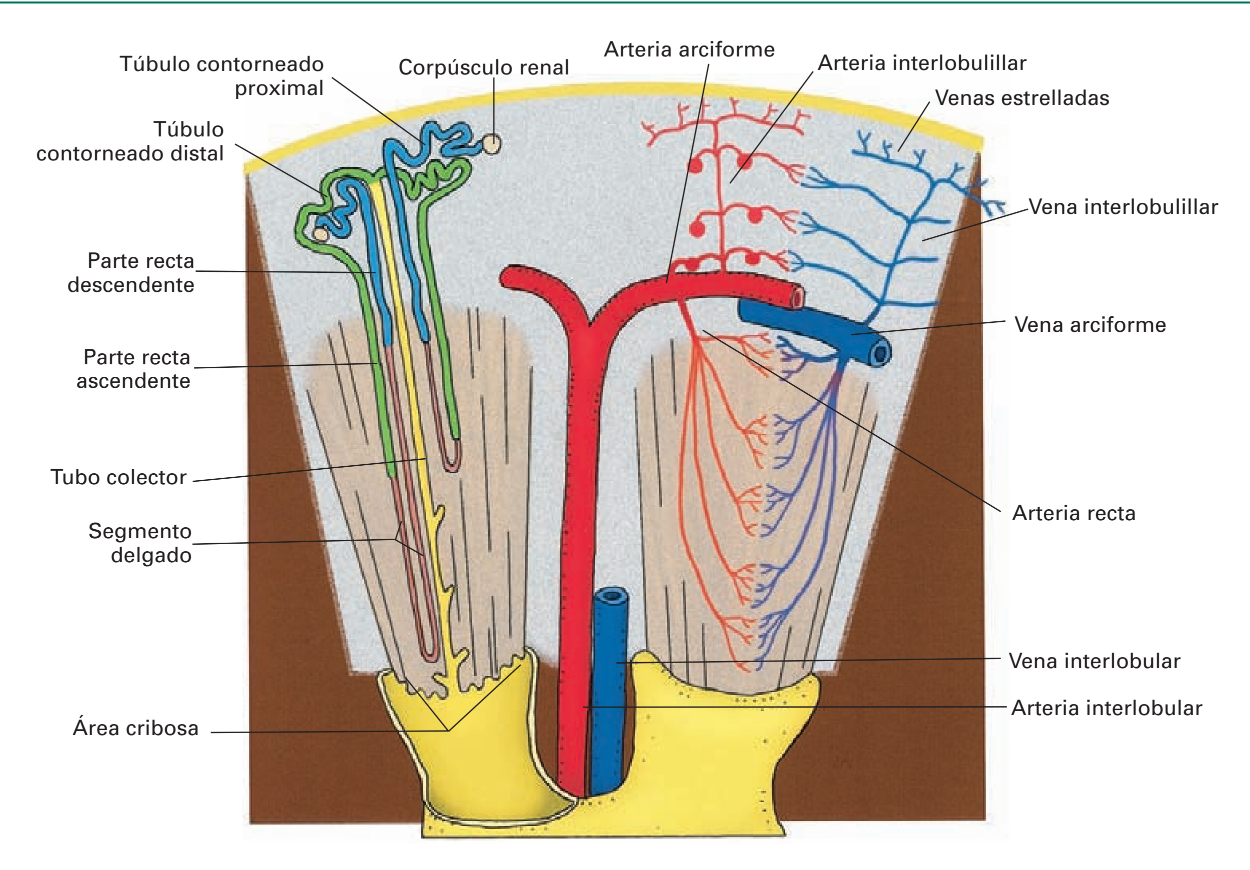


Figura 10-6. Esquema de la estructura renal. Sobre la corteza (gris) y la médula (marrón) se han representado los túbulos renales (mitad izquierda) y los vasos sanguíneos (mitad derecha). Túbulo proximal (azul); túbulo distal (verde); segmento delgado (rojo); tubo colector (amarillo).

cede y se recupera la función renal; en otros, el proceso se cronifica y se altera gravemente la función renal.

La porción tubular de la nefrona está formada por tubos especializados de disposición complicada (Fig. 10-6). Originados en los corpúsculos renales situados en la corteza, descienden en el parénquima y penetran a más o menos distancia en la médula renal para volver a ascender, formando una curvatura en forma de asa, hacia la corteza. Se distinguen tres porciones: el **túbulo proximal**, el **segmento delgado** y el **túbulo distal**. El túbulo proximal tiene una parte muy plegada, el **túbulo contorneado proximal**, y una **parte recta descendente**. El túbulo distal consta de una **parte recta ascendente** y una parte plegada, el **túbulo contorneado distal**. El conjunto formado por el segmento delgado más las partes rectas de los túbulos proximal y distal se denomina **asa de Henle**[3].

La pared del túbulo proximal está formada por un epitelio cúbico con microvellosidades que le dan un aspecto de «borde en cepillo». La pared del segmento delgado está constituida por un epitelio aplanado y las del túbulo distal, por un epitelio cúbico sin microvellosidades.

Los túbulos distales de varias nefronas desembocan en un **tubo colector**. Los tubos colectores descienden de forma recta por la corteza y la médula en dirección a la papila. En la médula se unen entre sí varios tubos colectores para ir formando tubos más gruesos, los **conductos papilares**, los cuales, finalmente, se abren por los diminutos orificios del área cribosa de la papila renal.

La pared del tubo colector está formada por células cúbicas de dos tipos: **células principales o claras**, especializadas en la reabsorción de agua, y **células intercaladas u oscuras**.

Necrosis tubular. Las células epiteliales de los túbulos renales pueden destruirse masivamente por falta de riego renal (isquemia renal) o por ación de tóxicos o medicamentos. Se produce una insuficiencia renal aguda que puede recuperarse si se suprime el fármaco causante o se recupera el estado de isquemia.

[3] Friedrich Henle, médico alemán (1809-1885).

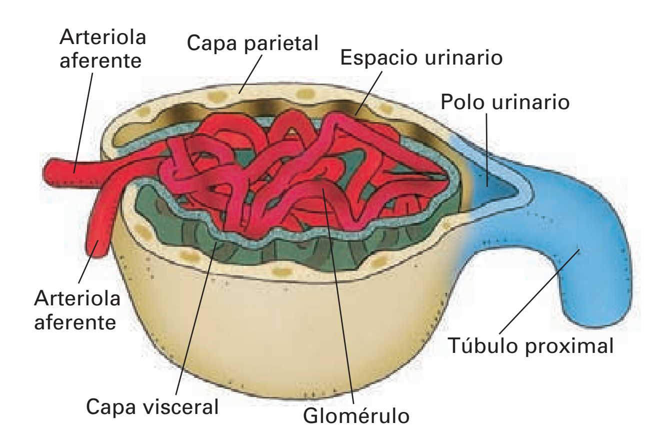


Figura 10-7. Representación esquemática de un corpúsculo renal abierto. La capa visceral ha sido artificialmente separada de los capilares glomerulares.

Correlación entre estructura y sistema tubular

La corteza y la médula deben su aspecto a la disposición espacial de los distintos componentes de la nefrona y de los tubos colectores. Los corpúsculos renales y los túbulos contorneados proximal y distal se encuentran en la corteza (arco cortical). En las pirámides renales se ubican las asas de Henle. Los tubos colectores ocupan la porción radiada de la corteza y descienden fusionándose por las pirámides renales hasta la papila.

Según la posición de los corpúsculos renales en la corteza, se distinguen tres tipos de nefronas. Los corpúsculos renales próximos a la cápsula renal pertenecen a *nefronas corticales* caracterizadas por tener un asa de Henle corta que penetra únicamente en la parte más externa de la médula. Los corpúsculos renales profundos pertenecen a *nefronas yuxtamedulares*, las cuales tienen un asa de Henle muy larga que puede llegar hasta la papila. Existen *nefronas de transición* procedentes de corpúsculos renales situados en la parte media de la corteza.

La formación de orina es resultado de un doble proceso. En primer lugar, un proceso de filtración de plasma sanguíneo a nivel de los corpúsculos renales, y, en segundo lugar, un proceso de modificación de este filtrado mediante reabsorción y secreción de sustancias a nivel del sistema tubular.

La *filtración de plasma sanguíneo* se realiza a través de la *barrera de filtración glomerular* (Fig. 10-8). Esta barrera separa la sangre de los capilares glomerulares del espacio urinario de la cápsula de Bowman, Se compone de tres elementos: **endotelio capilar**, **podocitos** y **una membrana basal** interpuesta y común a ambas poblaciones celulares. El endotelio es de tipo fenestrado. Los podocitos son las células epiteliales de la capa visceral que rodean los capilares y emiten numerosas prolongaciones que se interdigitan entre ellas. Las últimas prolongaciones son los **pedicelos**, los cuales no se unen sino que permanecen separados entre sí por pequeños espacios denominadas **ranuras de filtración**. Estas ranuras están cerradas por una membrana muy delgada y de características moleculares especiales (**membrana de la ranura de filtración**). De este modo, en sentido estricto, la barrera de filtración glomerular está formada por el endotelio capilar, la membrana basal y las ranuras de filtración. Por esta barrera se filtran 125 mL/mi-

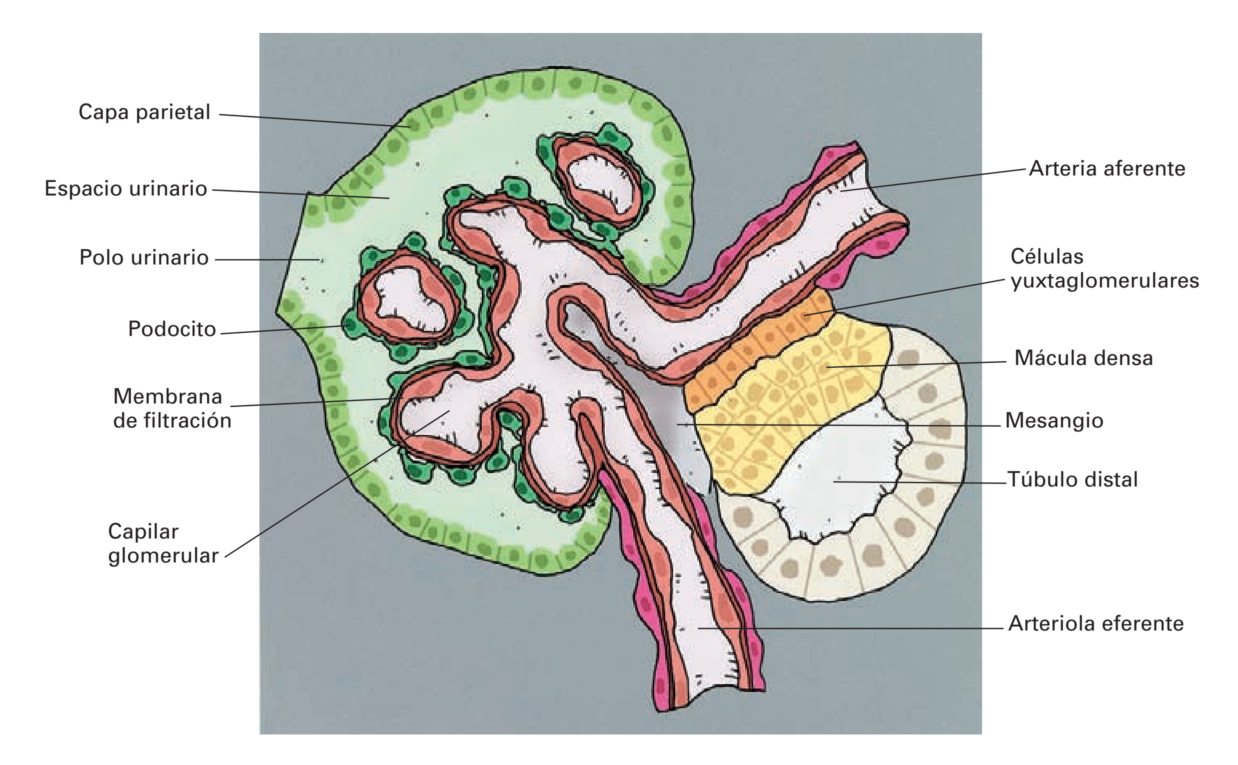


Figura 10-8. Esquema de un corpúsculo renal y del aparato yuxtaglomerular.

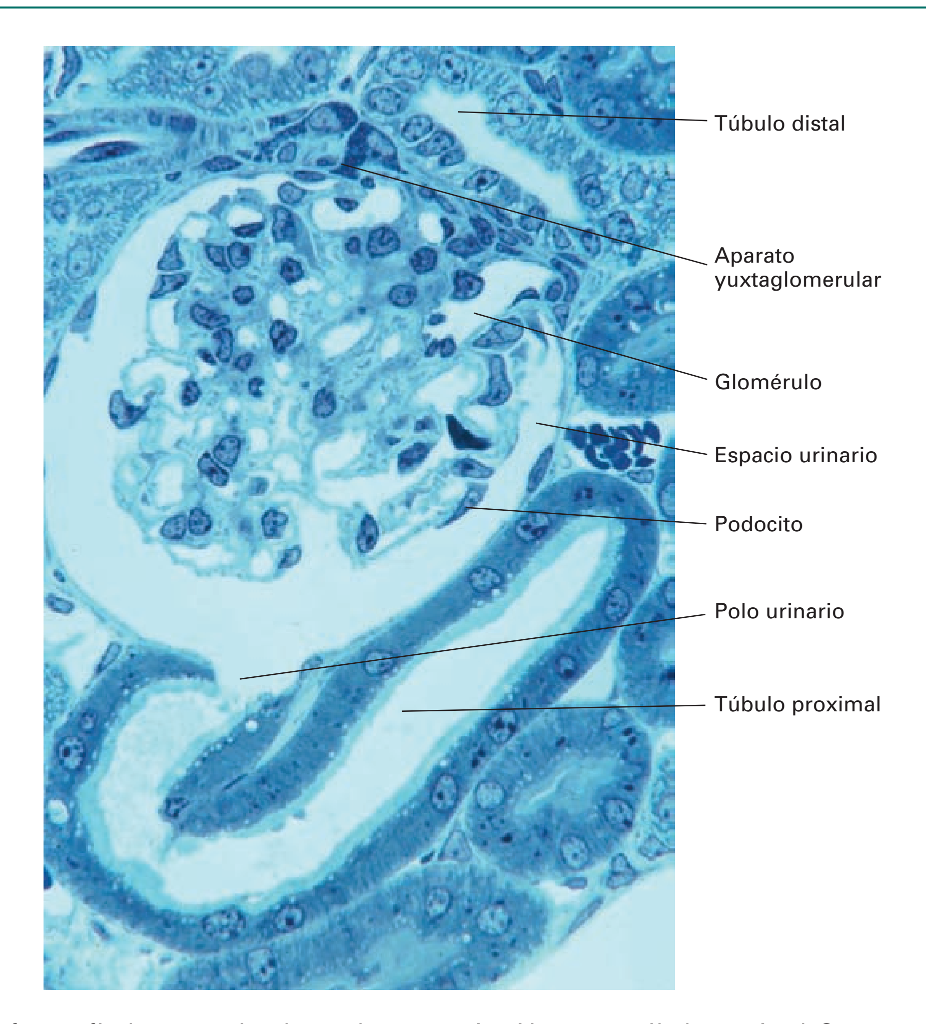


Figura 10-9. Microfotografía de un corpúsculo renal en comunicación con un túbulo proximal. Corte semifino. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

nuto de plasma sanguíneo (los elementos formes de la sangre y las proteínas quedan retenidos) que pasan al sistema tubular donde se reabsorben 124 mL/minuto y se modifica la concentración y composición de la orina.

Síndrome nefrótico. Se trata de un cuadro clínico producido por múltiples causas en el que se altera la permeabilidad de la barrera de filtración glomerular. La membrana de filtrado se hace más permeable y permite el paso de proteínas a la orina (*proteinuria*).

Modificación del filtrado glomerular

Cada porción del sistema tubular está especializada en la reabsorción y secreción de sustancias. En el túbulo contorneado proximal se reabsorbe la mayor parte de solutos del filtrado (glucosa, aminoácidos), así como el 70 % del agua y de iones de sodio. En esta porción se secretan desde la sangre diversas sustancias, como uratos, catecolaminas y sales biliares. El asa de Henle tiene dos porciones funcionalmente muy distintas; la porción descendente es muy permeable al agua (reabsorbe un 20 %), mientras que la porción ascendente es casi impermeable al agua, aunque reabsorbe diversos iones. El túbulo contorneado distal se comporta de modo semejante a la porción ascendente del asa de Henle.

El tubo colector es muy permeable al agua, y es el lugar donde se concentra finalmente la orina mediante reabsorción y secreción de diversos iones. El resultado final es la producción de 1 mL/minuto de orina, aproximadamente 1.5 L/día.

Diversas hormonas, como la *hormona antidiurética (ADH)*, la *aldosterona* y el *péptido auricular natriurético*, regulan la concentración de agua y de iones en el tubo colector actuando sobre receptores de las células principales.

Aparato yuxtaglomerular (Figs. 10-8 y 10-9)

A nivel del polo vascular del corpúsculo renal se localiza un complejo celular implicado en la regulación de la presión arterial denominado aparato yuxtaglomerular. Digamos previamente que la zona de tránsito entre la porción recta y la porción contorneada del túbulo distal se adosa a su propio corpúsculo renal a nivel de las arteriolas aferente

y eferente del glomérulo. En esta zona de tránsito, las células del túbulo distal se diferencian de las demás y constituyen una placa celular denominada **mácula densa**.

El aparato yuxtaglomerular está constituido por la mácula densa, las **células yuxtaglomerulares** y **células mesangiales** situadas entre las arteriolas. Las células yuxtaglomerulares se encuentran en la capa media de la arteriola aferente y tienen como misión producir la enzima *renina*, implicada en la cadena de síntesis de la *angiotensina II*, un potente vasoconstrictor que incrementa la presión arterial. La producción de renina está regulada por la mácula densa, por cambios de presión detectados por las propias células yuxtaglomerulares en la arteriola aferente y por el sistema simpático.

Mencionemos, finalmente, que en el tejido intersticial del riñón hay fibroblastos modificados implicados en la producción de sustancias de tipo hormonal. Algunos fibroblastos corticales producen *eritropoyetina (EPO)*, sustancia estimulante de la eritropoyesis en la médula ósea. Una población de fibroblastos medulares produce *prostaglandinas.*

Vascularización

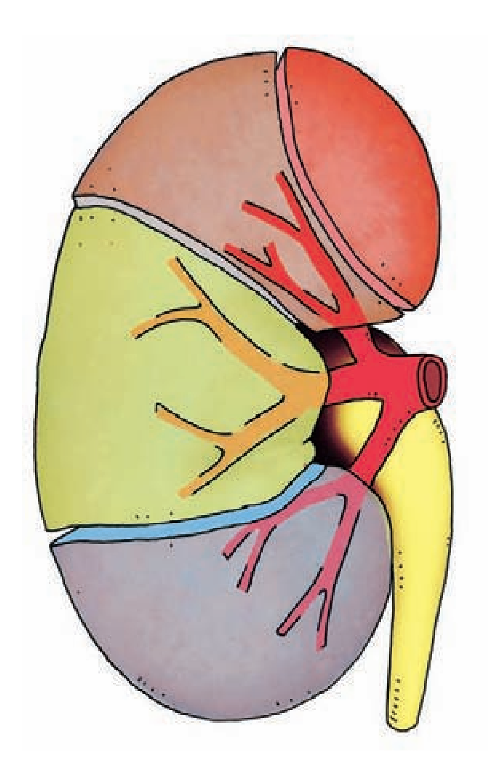
Arterias. Cada riñón está irrigado por una **arteria renal**, originada en uno de los flancos laterales de la aorta abdominal (Figs. 10-1 y 10-4). En el hilio renal, pero generalmente antes, la arteria renal se divide en cinco arterias segmentarias cuyas ramificaciones dentro del seno renal se sitúan por delante de los cálices y la pelvis (*ramas prepiélicas*) y por detrás (*ramas retropiélicas*).

Segmentos renales (Fig. 10-10)

Cada una de estas arterias segmentarias se comporta como terminal y se distribuye por un segmento (fragmento de parénquima renal) sin anastomosarse con las arterias adyacentes. Hay cinco segmentos vasculares. Los **segmentos superior** e **inferior** ocupan los polos renales correspondientes y se extienden sobre las proximidades de las caras. Entre ambos segmentos se disponen sobre la cara anterior del riñón, los **segmentos anterosuperior** y **anteroinferior**, y sobre la parte central de la cara posterior, el **segmento posterior**. Las arterias reciben el nombre del segmento correspondiente.

Arterias renales accesorias

Con frecuencia (25-28 %) existen **arterias renales supernumerarias** o **accesorias**. Estas arterias, originadas de la aorta abdominal, abordan el riñón por el hilio o directamente perforando el parénquima, lo cual es más frecuente en el caso de las arterias polares accesorias (arterias dirigidas a los polos del riñón). Se comportan como terminales,



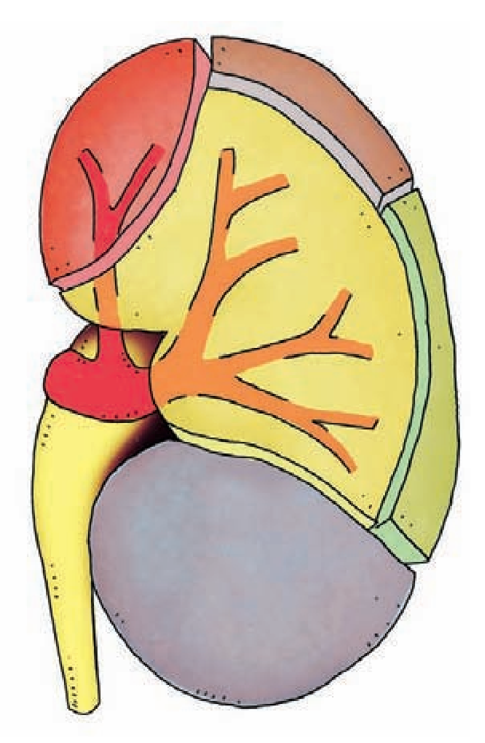


Figura 10-10. Segmentos renales. Riñón derecho visto por delante (izquierda) y por detrás (derecha). Las arterias segmentarias se han transparentado. Segmento superior (rojo); segmento anterosuperior (marrón); segmento anteroinferior (verde); segmento inferior (gris); segmento posterior (ocre).

razón por la cual su ligadura durante la cirugía provoca isquemia del segmento que se vasculariza.

Venas. La sangre venosa del riñón retorna por la **vena renal** a la vena cava inferior (Figs. 10-1; 10-4). Generalmente sólo hay una para cada riñón y se sitúa por delante de la arteria. La vena renal izquierda es más larga que la derecha.

Circulación intrarrenal (Fig. 10-6)

Aporte arterial

La última ramificación de la arteria segmentaria en el seno renal es la **arteria lobular**, generalmente en igual número que el de pirámides renales. La arteria lobular se divide, antes de alcanzar el parénquima, en **arterias interlobulares**, las cuales penetran en el tejido del riñón alrededor de las papilas y avanzan hacia la periferia por las columnas renales. Cada pirámide renal está rodeada por varias arterias interlobulares. A la altura de las bases de las pirámides, la arteria interlobular se divide en dos **arterias arciformes**. Éstas divergen en ángulo recto sobre la base de las pirámides, pero sin llegar a formar arcos completos. De las arterias arciformes nacen los vasos que irrigan la corteza y la médula.

Numerosas **arterias interlobulillares** se dirigen radialmente a lo largo de la corteza renal y dan origen a la **arteriola aferente** del glomérulo; del ovillo glomerular sale la **arteriola eferente**, a partir de la cual se forma la **red capilar peritubular** junto a los túbulos contorneados proximal y distal. En la circulación renal se encuentran, pues, dos redes capilares —glomerular y peritubular— dispuestas en serie, una a continuación de la otra, separadas por la arteriola eferente.

La médula se irriga a partir de las **arteriolas rectas**, las cuales nacen de las arterias arciformes o de las arteriolas eferentes próximas a la médula. Como indica su nombre, siguen un trayecto rectilíneo recorriendo la médula y se capilarizan a diferentes alturas.

Retorno venoso

Comienza por vénulas procedentes del plexo peritubular, las cuales, al ir convergiendo, forman las **venas interlobulillares**, una por cada arteria. En el origen de muchas venas interlobulillares se encuentran las **venas estrelladas**, situadas bajo la cápsula fibrosa y que drenan la sangre de la porción más superficial de la corteza. Las venas interlobulillares confluyen para dar lugar a las **venas arciformes**, de igual trayecto que las arterias, pero, a diferencia de éstas, forman arcos completos sobre las bases de las pirámides renales.

El retorno venoso de la médula se hace por las **vénulas rectas**, que ascienden a terminar en las venas arciformes o interlobulillares. Las arteriolas y las vénulas rectas forman *haces vasculares* que discurren de forma paralela disponiéndose entre las asas de Henle y los tubos colectores. La disposición de los vasos rectos (arteriolas y vénulas) y su asociación con diferentes partes de la nefrona es fundamental para que se puedan desarrollar adecuadamente los mecanismos de modificación del filtrado glomerular.

Las venas arciformes, sobre las que confluye la sangre cortical y medular, se unen para dar lugar a las **venas interlobulares**, que siguen el trayecto de las arterias correspondientes y abandonan el parénquima renal. En el seno se fusionan entre sí y forman las venas renales.

Las venas del riñón se anastomosan de forma continua y profusa a lo largo de todo el árbol venoso; en el seno renal, donde las venas son ya de un tamaño considerable, hay numerosas uniones que pasan entre los cálices uniendo las ramificaciones anteriores y posteriores a la pelvis renal.

Linfáticos. La linfa del riñón es recogida por tres plexos: cortical, medular y perirrenal. El plexo perirrenal discurre por la cápsula fibrosa y se une al plexo cortical. Los vasos linfáticos siguen el trayecto de las venas hasta el seno renal y terminan en los **ganglios linfáticos lumbares**.

Inervación

El **plexo renal** está formado por fibras vegetativas y sensitivas. Las *fibras vegetativas* son predominantemente simpáticas, si bien hay también fibras procedentes del vago. Las fibras vegetativas proceden del plexo celíaco, de los ganglios celíacos y aorticorrenales, de los nervios esplácnicos menor e inferior y de la cadena simpática lumbar. Hay fibras preganglionares y posganglionares. En el plexo renal existen microganglios. Los nervios siguen trayectos alrededor de las arterias e inervan los vasos y las células yuxtaglomerulares.

Las *fibras aferentes sensitivas* están relacionadas con el dolor.

VÍAS URINARIAS

CÁLICES Y PELVIS RENAL

Los **cálices renales** y la **pelvis renal** se encuentran en el seno renal, aunque sólo parcialmente en el caso de la pelvis (Figs. 10-4 y 10-5). Los **cálices menores** son el primer segmento de las vías urinarias. Su número oscila entre 7 y 13. Son conductos membranosos, de no más de 1 cm de largo, y de forma ligeramente campaniforme, que por su parte ensanchada se acoplan al contorno de las papilas. Cada cáliz recibe una papila; con menos frecuencia pueden acoplarse dos o tres. Por su parte estrecha varios cálices se unen entre sí dando lugar a los **cálices mayores**. Los dos o, generalmente, tres cálices mayores que así se for-

man ocupan un plano frontal en el interior del seno y se denominan superior, medio e inferior. La pelvis renal se forma por la confluencia de los cálices mayores. Es aplanada en sentido anteroposterior y tiene forma triangular, con el borde superior convexo, el borde inferior casi horizontal, la base en continuidad con los cálices mayores y el vértice saliendo del hilio (porción extrahiliar de la pelvis) se continúa con el uréter.

Existen variaciones en la forma de la pelvis renal. Los extremos de estas variaciones están representados por la *pelvis ampollar* y la *pelvis ramificada* o *dendrítica.* En la pelvis ampollar los cálices mayores son cortos, ausentes o tan poco desarrollados que parece que los cálices menores terminan sobre un saco mayor no subdividido, y así la pelvis es grande a expensas de los cálices mayores. En las pelvis ramificadas los cálices mayores son grandes y se abren nítidamente en la base de la pelvis, que es pequeña. La ramificada es más frecuente que la ampollar. Son posibles todas las situaciones intermedias.

La pelvis renal está en íntimo contacto con el pedículo renal (véase Relaciones del pedículo renal en espacio Retroperitoneal).

Estructura

La estructura de los cálices y de la pelvis renal obedece al patrón general de las vías urinarias. Hay una capa interna de revestimiento mucoso, una capa media de musculatura lisa y una capa externa conectiva o adventicia.

En los cálices menores la adventicia se continúa con la cápsula fibrosa que tapiza el seno renal con respecto a la capa muscular de los cálices, además de las fibras musculares lisas se ha descrito una lámina de células musculares con características funcionales y estructurales diferentes que parece actuar como *marcapasos* de la onda peristáltica que se trasmite al uréter para impulsar la orina a la vejiga.

URÉTER

Los **uréteres** son dos tubos de unos 25 a 30 cm de longitud cuyas contracciones peristálticas conducen la orina desde la pelvis renal a la vejiga de la orina. Sus paredes son gruesas y su consistencia dura y elástica.

Con cierta frecuencia se presentan duplicaciones del uréter, generalmente asociadas a anomalías del desarrollo renal. La duplicación puede ser completa o afectar únicamente a la porción superior. Más raramente se observan orificios ureterales ectópicos. En estos casos, el uréter se abre en el cuello vesical, la uretra, el conducto deferente o la vagina.

Trayecto y porciones (Figs. 10-1 y 10-11)

El uréter continúa la pelvis renal a nivel de L2. En su trayecto descendente va aproximándose ligeramente a la línea media y atraviesa diferentes regiones. En primer lugar, recorre el espacio retroperitoneal (**porción abdominal**); tras cruzar los vasos ilíacos (**porción ilíaca**) alcanza la pelvis por la que discurre en dirección a la vejiga de la orina (**porción pelviana**), donde termina perforando su pared para abrirse en ella.

Porción abdominal

El uréter desciende en el retroperitoneo, adosado a la región lumbar, inmediatamente por delante del músculo psoas, por detrás del peritoneo parietal posterior, al que permanece unido inmerso en tejido conectivo, y a los lados de los grandes vasos (el derecho próximo a la vena cava inferior y el izquierdo en la vecindad de la aorta abdominal). Hacia atrás, a través del psoas, se proyecta sobre las apófisis costiformes lumbares L3 a L5, lo cual es muy notorio en las imágenes radiográficas.

Porción ilíaca

Es una porción de paso hacia la pelvis en la que el uréter cruza por delante de los vasos ilíacos. Generalmente, y debido a la posición más baja del riñón derecho, el uréter derecho lo hace por delante de la arteria ilíaca externa y el uréter izquierdo, por delante de la arteria ilíaca común. Sin embargo, las variaciones son numerosas en razón de la altura donde se produce la bifurcación de la aorta. En este punto, el uréter derecho está cruzado ventralmente por el mesenterio y el izquierdo, por el mesocolon sigmoide.

Porción pélvica

Se encuentra en la pelvis menor, ocupando el espacio infraperitoneal. Describe un trayecto en forma de «V», con dos segmentos, uno vertical y otro oblicuo.

El *segmento vertical* o *parietal* se extiende hasta la altura de la espina isquiática, adosado a la pared lateral de la pelvis sobre la fascia del obturador interno, en íntima relación con los vasos ilíacos internos. Lo más frecuente es que el uréter derecho sea anterior a la arteria ilíaca interna y el izquierdo, posterior a ella. En la mujer, el ovario ocupa una posición cercana al uréter.

El *segmento oblicuo* o *visceral* se dirige hacia delante y hacia dentro a buscar la vejiga de la orina discurriendo por el espacio laterovesical de la pelvis, entre el peritoneo por arriba y el diafragma pélvico por abajo. En la mujer, pasa por fuera del cuello uterino, en íntima relación con la arteria uterina; la arteria cruza por encima del uréter. En el varón, el conducto deferente salta por encima del uréter antes de que éste entre en la vejiga.

Cuando el uréter alcanza la vejiga, describe un corto trayecto diagonal, de entre 1 y 2 cm en el espesor de su pared *(segmento vesical)* y termina abriéndose por medio del **orificio ureteral** en el ángulo lateral del trígono vesical. La forma intramural de terminar del uréter evita que,

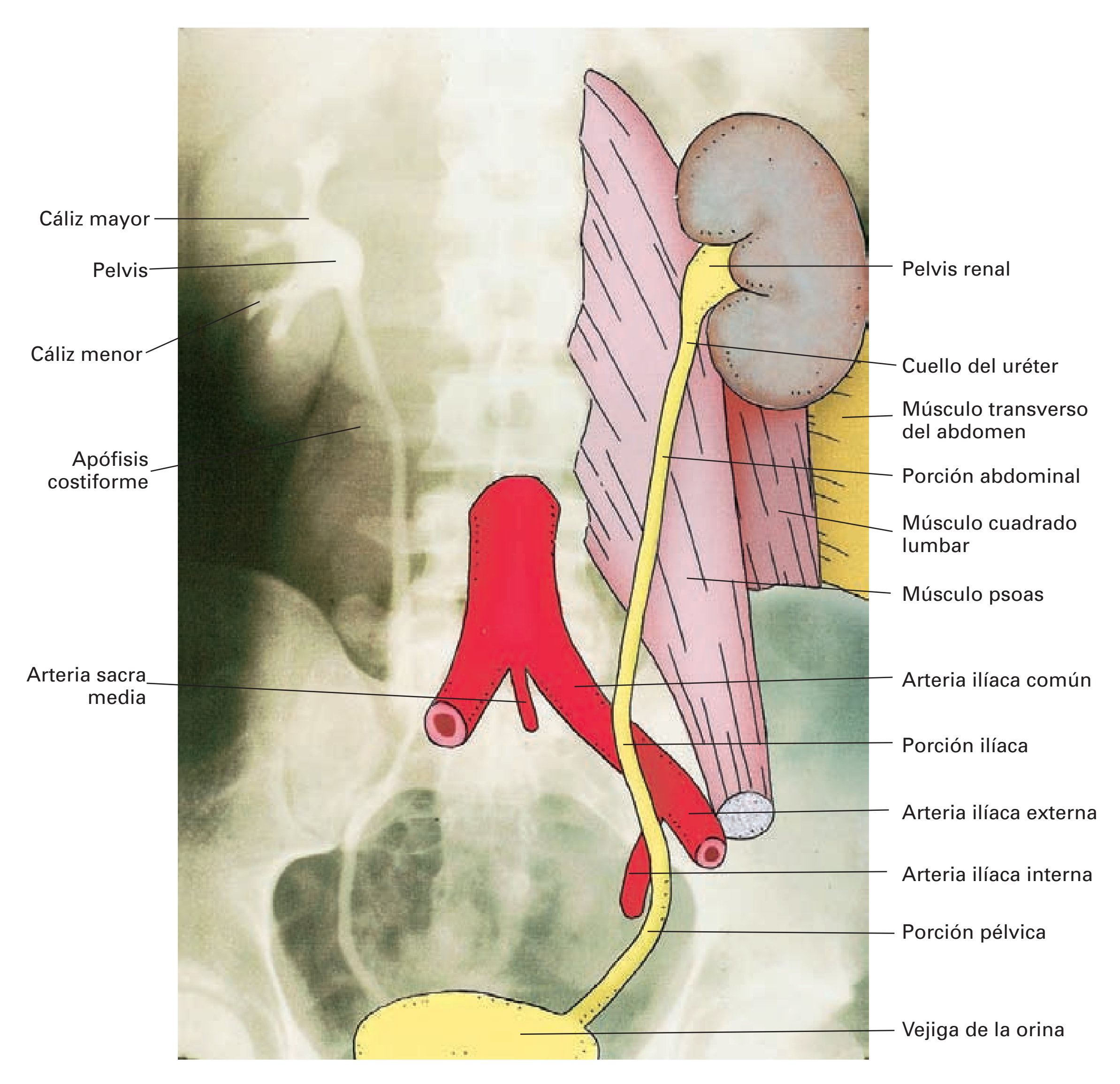


Figura 10-11. Visión anterior esquemática de la pelvis renal y los uréteres en una composición efectuada sobre una urografía intravenosa (lado derecho). Obsérvense las diferentes porciones del uréter y sus relaciones fundamentales.

durante la contracción de la vejiga, se produzcan reflujos de orina.

Calibre

El calibre del uréter, de unos 3-5 mm, es bastante homogéneo en toda su longitud, aunque existen tres puntos donde suele estar disminuido: en su origen (cuello del uréter), al cruzar los vasos ilíacos y al atravesar la pared vesical, punto este último donde es especialmente estrecho.

Estos estrechamientos revisten importancia clínica, ya que los cálculos renales, al ser eliminados por las vías urinarias, pueden ver dificultado el paso en estos puntos de menor calibre.

El uréter, la pelvis y los cálices renales pueden visualizarse radiográficamente mediante la inyección de un contraste radiopaco. Si el contraste se introduce en el árbol venoso, a medida que es eliminado por el riñón va rellenando la vías urinarias (**urografía intravenosa**) (Fig. 10-11). En la urografía intravenosa se realizan radiografías seriadas cada cierto tiempo, denominadas urografías. Es una prueba indirecta de la función renal, ya que se puede ir observando la velocidad a la que se elimina el contraste desde su inyección en venas hasta la visualización en las vías urinarias.

En ocasiones, el contraste radiopaco se inyecta en las vías urinarias a través de una sonda uretral (**urografía retrógrada**); en este caso es necesario controlar el volumen y la presión inyectada para evitar posibles desgarros de la cápsula fibrosa que tapiza la unión de los cálices menores en la papila renal.

Relaciones de los uréteres (véase espacios Retroperitoneal e Infraperitoneal)

Estructura

Como el resto de las vías urinarias, las paredes del uréter constan de tres capas: mucosa, muscular y adventicia.

La **capa mucosa** se continúa con la de la pelvis renal y la de la vejiga de la orina. Presenta pliegues longitudinales que le confieren un aspecto estrellado en los cortes transversales y que desaparecen con la distensión del órgano al paso de orina. Consiste en una lámina propia rica en fibras elásticas y colágenas, cubiertas por un *epitelio de transición* característico de las vías urinarias denominado *urotelio*; consta de cinco o seis capas de células a nivel del uréter y se reducen a dos o tres en la pelvis renal y cálices.

La **capa muscular**, en los dos tercios superiores del uréter, se organiza en dos estratos de musculatura lisa: longitudinal interno y circular externo. En el tercio inferior se añade un tercer estrato longitudinal dispuesto externamente. Esta organización en capas del tejido muscular es algo artificiosa, ya que los diferentes estratos musculares descritos se entremezclan entre sí y con el tejido conectivo, sin formar verdaderas láminas. La contracción de la capa muscular por medio de movimientos peristálticos (aproximadamente de 1 a 4 por minuto) hace progresar la orina hasta la vejiga.

En la unión entre el uréter y la vejiga no se ha descrito un esfínter como tal, ni tampoco existen signos externos que establezcan la separación. En el trayecto intramural, el uréter discurre envuelto por tejido conectivo periureteral y no existen conexiones entre el músculo del uréter, de fibras longitudinales a este nivel, y el músculo detrusor (véase Vejiga). Este hecho permite al uréter deslizarse relativamente libre en su «túnel transvesical» y acortar su longitud. La contracción de las fibras longitudinales en esta porción terminal reduce la longitud del uréter en la submucosa y evita el reflujo de orina hacia las vías urinarias altas.

La **capa fibrosa** se continúa con la de la pelvis y la de la vejiga, y aísla el uréter del laxo tejido conectivo extraperitoneal.

Vascularización

Arterias. La irrigación del uréter se realiza por medio de **ramas ureterales** que proceden de varias fuentes. La parte alta del uréter recibe ramas de la **arteria renal**; la parte media las recibe de las **arterias testicular** u **ovárica** y de la **ilíaca común**, incluso de la **aorta abdominal**; la parte inferior está irrigada por ramos de la **arteria vesical inferior** y de la **uterina** en la mujer o la **vesical inferior** en el varón.

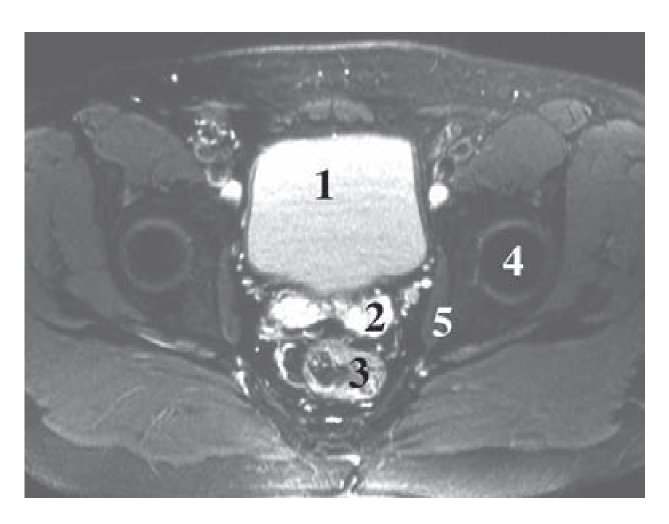


Figura 10-12. RM axial de la pelvis masculina. 1) Vejiga de la orina. 2) Vesículas seminales. 3) Colon sigmoide. 4) Cabeza del fémur. 5) Músculo obturador interno.

Las arterias proporcionan ramas que discurren longitudinalmente debajo de la adventicia del uréter. Esta *red subadventicial* establece numerosas anastomosis que resultan eficaces en la suplencia vascular de los diferentes territorios ureterales en el curso de intervenciones quirúrgicas. La red longitudinal emite ramas profundas que se distribuyen por la mucosa formando una red capilar muy desarrollada.

Venas. Son tributarias de las venas ilíaca interna, testicular u ovárica y renal.

Linfáticos. La linfa es recogida por los **ganglios lumbares, ilíacos comunes, ilíacos internos e ilíacos externos.**

Inervación

La inervación del uréter se realiza por fibras procedentes de los **plexos renal**, **aorticoabdominal**, **testicular** u **ovárico**, e **hipogástrico superior** e **inferior**. Las *fibras simpáticas* preganglionares proceden de la porción caudal de la columna intermediolateral de la médula espinal; las fibras posganglionares provienen de los ganglios de los plexos celíaco y pélvico. Las *fibras parasimpáticas* preganglionares proceden del núcleo parasimpático sacro; además, hay algunas fibras del vago que se incorporan al plexo renal. En la pared de la porción distal del uréter hay microganglios vegetativos. La distribución y la función de las fibras vegetativas en el uréter no están claras.

Las *fibras sensitivas* son abundantes, discurren con las fibras vegetativas y entran en la médula espinal con los nervios D11 a L2.

Cálculos renales y cólico nefrítico

La obstrucción de la luz ureteral por un cálculo desencadena un dolor violento, el **cólico nefrítico**, que se irradia desde la región lumbar hasta la ingle, donde puede extenderse hasta la piel del escroto o de los labios mayores; las fibras sensitivas del uréter alcanzan la médula espinal por los mismos segmentos que corresponden a esta zona de la piel (territorio del nervio genitofemoral). Los dolores de las vísceras huecas se desencadenan por un reflejo cuyo origen es la distensión de la pared de la víscera y cuya consecuencia inmediata es la contracción, más o menos violenta, de la musculatura lisa del órgano con el fin de vencer el obstáculo. En ocasiones, el cálculo queda retenido en la luz del uréter y lo hace en las zonas donde la luz se encuentra estrechada.

Los cálculos renales se producen por solidificación de las sales disueltas en la orina; su composición es muy variada y la eliminación puede ser problemática, pues, por su tamaño, en ocasiones, no logran pasar los estrechamientos del uréter. Una forma de eliminar los cálculos que no se expulsan por vía natural es, además de por cirugía convencional, por medio de *litotricia* por ondas de choque. El aparato (*litotritor*) emite unas ondas de choque a través de un baño de agua, y estas ondas inciden durante unos minutos sobre el cálculo, al cual pulverizan. Los pequeños fragmentos producidos se eliminan por las vías urinarias.

VEJIGA DE LA ORINA

La vejiga urinaria es el segmento de las vías urinarias situado entre los uréteres y la uretra. Es una víscera hueca que actúa como reservorio de orina, por lo que su forma y relaciones dependen de su estado de llenado. Se llena entre las micciones de forma continua a través de los uréteres y se vacía durante la micción, a través de la uretra, como consecuencia de un complejo reflejo, el reflejo de micción, cuyo origen es la distensión de las paredes vesicales, lo que suele suceder cuando contiene unos 300 mL de orina.

Situación

Se encuentra en la pelvis menor (**espacio infraperitoneal**), donde ocupa la parte más anterior del compartimento visceral, por encima del suelo de la pelvis y por debajo del peritoneo parietal inferior. Los músculos obturador interno y elevador del ano de ambos lados, revestidos de la fascia pélvica, forman una especie de «cuenco» donde se aloja la vejiga. Es posterior a la sínfisis del pubis, de la que está separada por el tejido conectivo laxo del espacio retropúbico, y a la cual sobrepasa únicamente cuando está llena. En el niño, hasta los seis años, la vejiga urinaria siempre sobrepasa la sínfisis púbica, independientemente de su estado de llenado, debido a la estrechez de la pelvis. Es anterior al recto; en el varón, en esta relación se interponen las vesículas seminales, y en la mujer, el cuello uterino y la vagina. En el varón, la vejiga es superior a la próstata. En la mujer, la vejiga es anterior e inferior con respecto al cuerpo del útero, el cual se apoya sobre la parte más posterior de su pared superior.

La vejiga se puede explorar por **palpación bimanual**: se coloca una mano sobre la pared anterior del abdomen, por encima de la sínfisis del pubis, y con el dedo índice de la otra mano se realiza un tacto rectal; de este modo es posible palpar, entre ellos, la vejiga. En la mujer, la palpación bimanual se realiza por tacto vaginal.

Cuando la vejiga está llena, empuja el cuerpo del útero hacia atrás, y éste se endereza; este hecho se utiliza para la exploración de la cavidad uterina y de su contenido mediante **ecografía abdominal**.

Forma (Fig. 10-13)

La forma de la vejiga es variable según su estado de llenado; de forma globular cuando está llena, es una pirámide triangular si está vacía. En este último caso, la pirámide consta de fondo de la vejiga, vértice de la vejiga y cuerpo de la vejiga. En el cuerpo se describen tres caras: superior e inferolaterales.

El **fondo** (base o cara posteroinferior) está inclinado hacia atrás y hacia abajo, y es triangular, con su vértice inferior dirigido hacia la salida de la uretra. Por la parte superolateral entran los uréteres.

El **vértice** es anterior y, por encima de la sínfisis del pubis, se continúa con el ligamento umbilical medio (vestigio del uraco embrionario), que asciende por detrás de la pared abdominal anterior hasta el ombligo.

En el **cuerpo**, la cara superior es prismática triangular con la parte ancha hacia atrás en continuidad con el fondo; está completamente tapizada de peritoneo. Las caras inferolaterales están orientadas hacia delante, hacia fuera y hacia abajo.

La parte más declive de la vejiga, donde convergen las caras inferolaterales y el fondo, es el ángulo inferior o **cuello**, zona en la que la vejiga se continúa con la uretra. Se encuentra a 2-3 cm por detrás de la sínfisis del pubis. En el varón, el cuello vesical se apoya sobre la próstata.

Relaciones (véase espacio Infraperitoneal)

Estructura

La gruesa pared vesical se organiza en tres capas: interna o mucosa, media o muscular y externa, que, según la zona, es una lámina adventicia o una serosa.

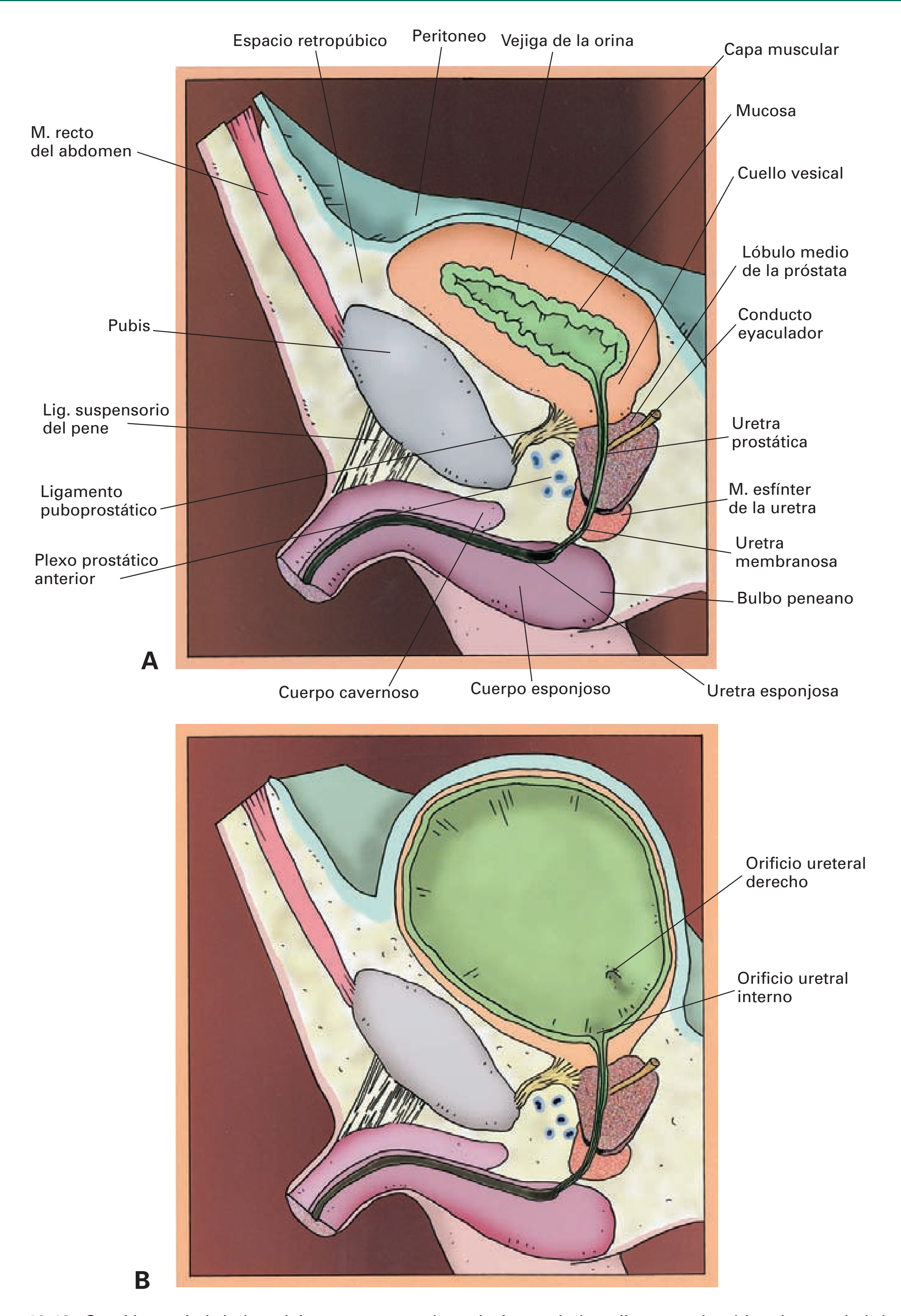


Figura 10-13. Sección sagital de la pelvis para mostrar las relaciones de la vejiga con el pubis y la pared abdominal en estado de vacuidad (A) y de llenado (B).

Capa mucosa: la cavidad vesical (Fig. 10-14)

La **cavidad vesical** está tapizada por una mucosa de color rojizo constituida por un *epitelio de transición* que se apoya sobre una *lámina propia* de tejido conectivo muy rico en colágeno. Forma numerosos pliegues en su superficie que desaparecen al estar distendida la víscera. Los pliegues son más marcados y numerosos en el anciano y no existen en el niño. Sin embargo, en la zona inferior del fondo de la vejiga, la mucosa es lisa, incluso estando vacía la víscera: es el **trígono vesical**. Éste consiste en una zona triangular en cuyos ángulos posteriores se encuentran los **orificios ureterales** y en el ángulo inferior **el orificio interno de la uretra**; este último es de contorno circular y se corresponde con el cuello vesical. Los orificios ureterales son de contorno elíptico y están separados entre sí unos 2.5 cm con la vejiga vacía. Entre los orificios de los uréteres, la mucosa está elevada formando un pliegue transversal, el **pliegue interureteral**. Este pliegue corresponde a la prolongación, en el espesor de la pared vesical, de la capa muscular de los uréteres, y es posible observar en los extremos los relieves del trayecto parietal de los mismos. La región de la cavidad vesical situada por detrás del rodete interuretérico se denomina **trasfondo de la vejiga**, y con la edad se hace más profundo. En los varones, a partir de los 45-50 años, la zona del trígono situada inmediatamente por encima del orificio interno de la uretra presenta una elevación redondeada, la **úvula vesical**, que corresponde al lóbulo medio de la próstata.

La mucosa se adhiere débilmente a la capa muscular a lo largo de la pared vesical, excepto el trígono, donde esta unión es fuerte; por ello, cuando la vejiga está vacía, la mucosa se pliega formando arrugas excepto en la zona del trígono.

En la mujer multípara, el trígono vesical, y sobre todo el trasfondo de la vejiga, crecen y se distienden formando un fondo de saco inferior. Si a esto se le añade la debilidad muscular del suelo pélvico, puede formarse una porción declive de la vejiga que no llega a vaciarse nunca por completo, lo que facilita la infección (**cistitis**).

El interior de la vejiga puede visualizarse en el ser vivo por medio de la **cistoscopia**. Se introduce un tubo con luz (**cistoscopio**) a través de la uretra y la vejiga se dilata con líquido transparente. La cistoscopia permite observar las características de la mucosa, su color y aspecto general; es posible explorar también la mucosa uretral. Para visualizar el uréter se necesita un cistoscopio de menor calibre que permita sondar el orificio ureteral. Con el cistoscopio se pueden obtener imágenes y biopsias, y, cada vez más, se pueden precticar intervenciones quirúrgicas sencillas. Es una técnica fundamental para el diagnóstico y la localización de tumores de vejiga.

La **urografía** también permite estudiar la vejiga, y, como es una prueba dinámica, se pueden obtener imágenes de su estado de llenado y vaciamiento.

La **capa muscular** se denomina **músculo detrusor** de la vejiga. Está organizada en tres capas de fibra lisa: dos longitudinales, interna y externa, y una circular intermedia. Esta disposición, como en el uréter, es bastante artificiosa ya que las diferentes capas se entremezclan entre sí y con el tejido conectivo.

A nivel del cuello de la vejiga, la musculatura lisa presenta características morfológicas y moleculares que difieren de las del músculo detrusor, lo que parece indicar la existencia de mecanismos reguladores distintos. La musculatura de esta región constituye el denominado **músculo esfínter vesical** (**músculo de trígono vesical**), que

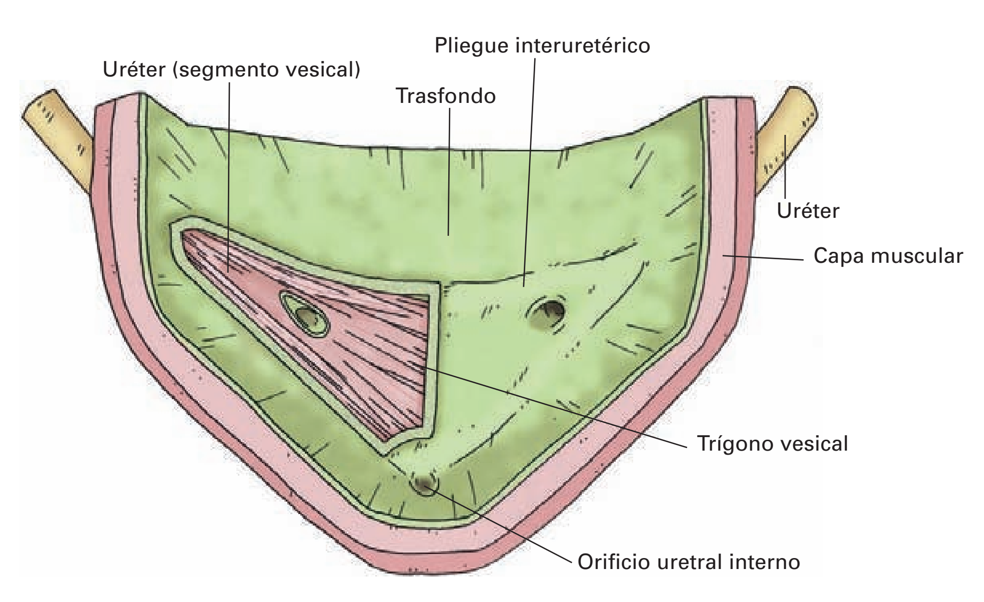


Figura 10-14. Interior de la vejiga de la orina en la región del trígono vesical. En un lado, la mucosa ha sido levantada para mostrar la capa muscular.

tiene notables diferencias entre el varón y la mujer. En el varón forma un anillo de fibras circulares que se prolonga por la parte superior de la uretra prostática. En la mujer (Fig. 10-15), las fibras adoptan una disposición oblicua y longitudinal que se prolonga por la parte superior de la uretra. Estas diferencias parecen indicar que, en la mujer, no hay un verdadero esfínter de musculatura lisa a nivel del cuello de la vejiga; estas fibras podrían ayudar a acortar y ensanchar la luz de la unión vesicouretral durante la micción; por tanto, es un mecanismo facilitador de la micción una vez que el esfínter estriado de la uretra se ha relajado (véase más adelante). Por el contrario, en el varón, sí que hay un verdadero esfínter, cuya función principal sería contraerse durante la eyaculación para evitar el reflujo de semen a la vejiga, ello sin descartar que pueda contribuir al cierre del cuello vesical durante los períodos intermiccionales y a su apertura durante la micción.

Algunas fibras de la capa longitudinal externa se desprenden de la víscera y se entremezclan con los ligamentos que delimitan lateralmente el compartimento visceral de la pelvis (véase espacio Infraperitoneal). El **músculo pubovesical** se extiende, en la mujer, desde la sínfisis del pubis al cuello de la vejiga, y en el varón, desde el pubis a la base de la próstata. Algunas fibras lisas se extienden entre el recto y la base de la vejiga (**músculo rectovesical**).

La dinámica funcional de la musculatura vesical se comenta más adelante (véase Micción).

La *capa externa* consiste en una **lámina adventicia** en continuidad con el tejido conectivo paravesical e infiltrada de vasos y nervios. En la cara superior está sustituida por el **peritoneo parietal inferior** que tiene un comportamiento diferente según el sexo (véase Peritoneo).

Cuando la vejiga está llena, sobrepasa la sínfisis del pubis. En esta expansión hacia el abdomen, la vejiga levanta la envoltura peritoneal determinando que se proyecte sobre la parte inferior de la pared abdominal libre de peritoneo, y facilitando de este modo su

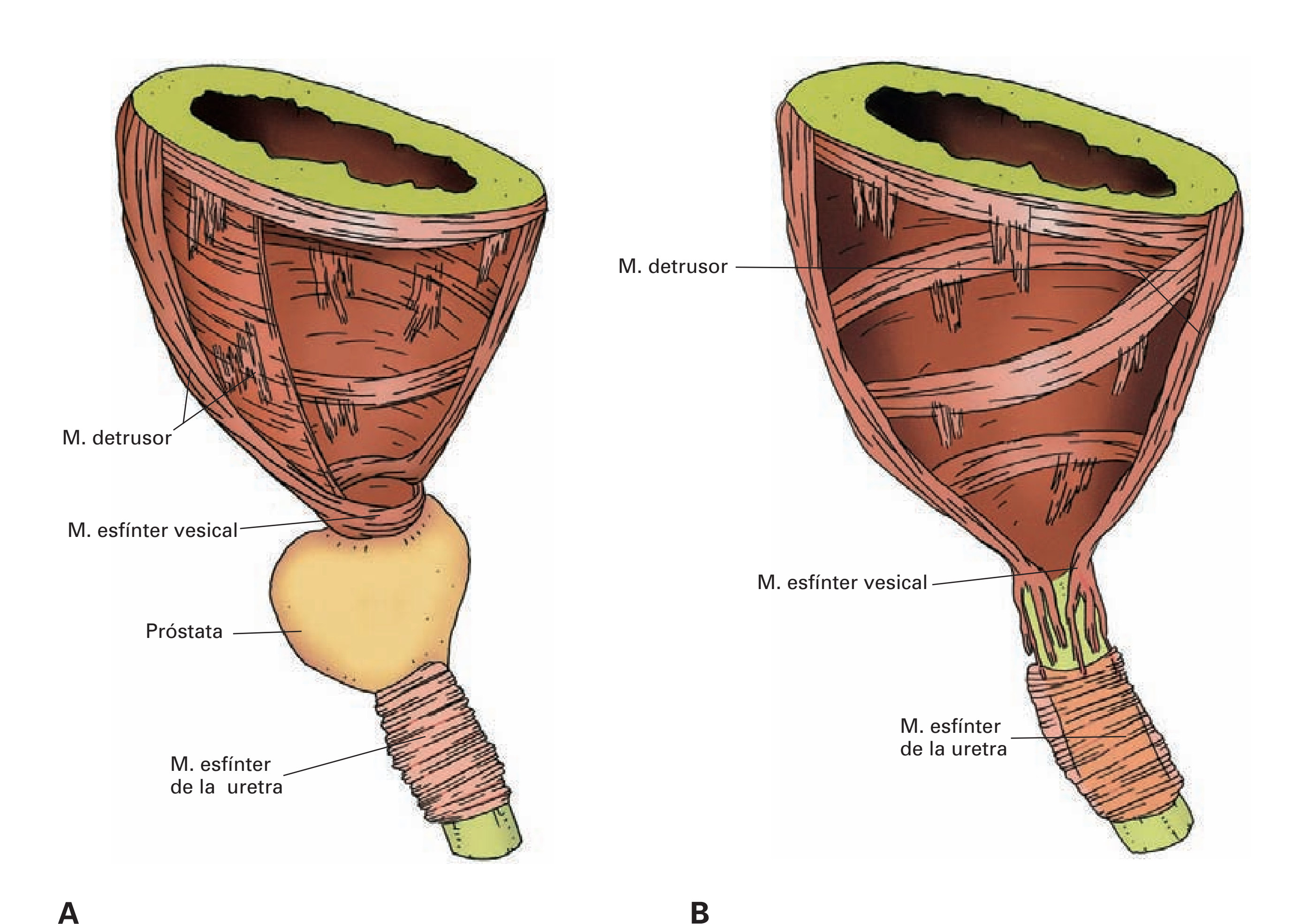


Figura 10-15. Representación esquemática del músculo esfínter vesical en el varón (A) y en la mujer (B). Para detalles véase texto.

acceso. Esto se aprovecha para vaciar la vejiga artificialmente cuando se produce una retención urinaria que no es posible vaciar por cateterismo uretral. La retención urinaria se produce casi exclusivamente en varones ancianos; generalmente, la causa es una obstrucción de la uretra por crecimiento de la próstata.

Cuando la vejiga está distendida y se extiende hacia el abdomen, puede sufrir traumatismos a través de la pared abdominal; el traumatismo puede lesionar la cara superior de la vejiga que, al estar cubierta de peritoneo, posibilita el vertido de orina y sangre a la cavidad peritoneal. Las fracturas de pelvis pueden lesionar la vejiga; en estos casos no suele afectarse el peritoneo.

Vascularización

Arterias. Proceden de la arteria ilíaca interna; son las arterias vesicales superior e inferior.

La **arteria vesical superior** se origina en la porción permeable de la arteria umbilical; generalmente hay más de una a cada lado y son delgadas. Se distribuyen por el vértice y la cara superior.

La **arteria vesical inferior** nace del tronco anterior de la ilíaca interna y se distribuye por el fondo y las caras laterales de la vejiga. En la mujer, la **arteria vaginal** da ramos para la parte inferior de la vejiga.

Venas. La sangre venosa es recogida por el **plexo venoso vesical** situado en el tejido conectivo de las paredes laterales y fondo de la vejiga. Del plexo salen las **venas vesicales** en dirección a la vena ilíaca interna.

Linfáticos. Los vasos linfáticos forman redes en la pared de la vejiga (*red mucosa, red muscular y red subserosa)* y salen con las venas. Gran parte de la linfa drena en los **ganglios ilíacos externos**. Vasos linfáticos de las paredes inferolaterales y del fondo terminan en los **ganglios ilíacos internos**; algunos linfáticos del cuello y el fondo llegan a los **ganglios linfáticos sacros** y, a través de éstos, a los **ganglios linfáticos ilíacos comunes**.

Inervación

La vejiga está inervada por el conjunto de nervios que constituyen el **plexo vesical**, el cual contiene fibras vegetativas simpáticas y parasimpáticas y fibras aferentes.

La *inervación parasimpática* se realiza por neuronas situadas en los segmentos sacros S2-S4, cuyas fibras preganglionares abandonan la médula espinal con los nervios sacros primero, segundo y tercero, y, formando parte de los nervios esplácnicos pélvicos, atraviesan el plexo hipogástrico inferior sin establecer sinapsis en sus ganglios y llegan a la pared vesical. Las fibras hacen sinapsis sobre microganglios de la pared, de donde parten cortas fibras posganglionares que se distribuyen por el músculo detrusor, al que estimulan, al tiempo que inhiben el esfínter vesical. Esta acción está mediada por la acetilcolina.

La *inervación simpática* procede de los últimos segmentos torácicos y primeros lumbares de la columna intermediolateral de la médula espinal. Las fibras preganglionares alcanzan la cadena simpática lumbar y descienden para establecer sinapsis sobre el plexo hipogástrico inferior, del que salen fibras posganglionares que se distribuyen, fundamentalmente, por los vasos sanguíneos. La inervación noradrenérgica de la pared muscular, no siempre aceptada, parece afectar sobre todo al esfínter vesical, al que estimularían; es muy escasa la acción inhibitoria sobre el detrusor. En el varón, sin embargo, la acción simpática de contracción del esfínter vesical es importante durante la eyaculación para impedir, como ya se ha mencionado, la entrada de semen en la vejiga.

Las *fibras aferentes sensitivas* de la vejiga siguen el trayecto de las fibras simpáticas y parasimpáticas. Existen fibras relacionadas con el dolor y otras con la sensación de distensión visceral.

Micción

La micción es el proceso de evacuación de la orina contenida en la vejiga. Está regulada por un mecanismo reflejo (*reflejo de la micción*) y por la acción voluntaria de centros nerviosos encefálicos. La vejiga se va llenando continuamente por la orina que fluye por los uréteres, pero no escapa a la uretra porque el esfínter vesical (en el varón) y el músculo esfínter de la uretra están contraídos. El esfínter de la uretra es un músculo estriado del periné inervado por el nervio pudendo y bajo control de la voluntad. A medida que la cavidad vesical se llena, las paredes de la vejiga se adelgazan y se estimulan receptores nerviosos de estiramiento situados en ella que envían señales por las fibras aferentes sensitivas al centro reflejo de la micción situado en la médula sacra (S2-S4). El estímulo es propagado a las fibras parasimpáticas sacras, las cuales, actuando como brazo eferente del reflejo, provocan la contracción del músculo detrusor (contracciones de micción). Si la vejiga está poco llena, las contracciones de micción se relajan y desaparecen hasta que vuelven a aparecer al cabo de un tiempo a medida que la vejiga se sigue llenando. Al mismo tiempo, del centro reflejo parten impulsos nerviosos por las vías sensitivas hacia la corteza cerebral que inician el «deseo» de eliminar la orina. El «deseo» de orinar se puede alcanzar con 150 mL de orina, pero resulta urgente a partir de los 300-400 mL, debido a que los reflejos de micción son cada vez más potentes y la presión intravesical es mayor. Finalmente, por acción de los centros nerviosos encefálicos se relaja voluntariamente el esfínter estriado de la uretra, al tiempo que el parasimpático contrae el músculo detrusor y relaja el esfínter vesical liso. Aunque el vaciamiento de la vejiga es controlado de manera refleja, puede iniciarse y detenerse de forma voluntaria por la acción del músculo esfínter de la uretra.

Antes de los dos años, la **incontinencia urinaria** es normal por falta de maduración de las neuronas que inervan el esfínter de la uretra. Los lactantes orinan

siempre que la vejiga se distiende suficientemente como para activar el reflejo de la micción. En el adulto, la incontinencia urinaria se produce en condiciones muy variadas, como en casos de lesiones nerviosas, pérdida de consciencia o estrés emocional.

URETRA

La **uretra** es el último segmento de las vías urinarias. Es el conducto por el cual la vejiga vierte al exterior la orina acumulada en ella. En la mujer, es un conducto corto. En el varón, además de la función urinaria desempeña una función sexual, ya que da paso al semen durante la eyaculación integrándose como conducto final de las vías espermáticas.

La morfología, trayecto y funciones son tan diferentes entre el varón y la mujer, que nos obliga a estudiar por separado la uretra masculina y la femenina.

URETRA MASCULINA

Situación y trayecto (Fig. 10-16)

La uretra se extiende desde el cuello de la vejiga hasta el **orificio uretral externo** situado en la extremidad del glande. Primero, recorre la próstata de arriba abajo, luego abandona la pelvis atravesando el diafragma urogenital y se introduce, finalmente, en el cuerpo esponjoso del pene. Según las estructuras que atraviesa, se distinguen tres porciones o segmentos: **porción prostática**, **porción membranosa** y **porción esponjosa**.

Cuando el pene está flácido mide 15-18 cm repartidos como sigue: 2-3 cm corresponden a la uretra prostática, 1-2 cm a la uretra membranosa y 12-13 cm a la uretra esponjosa.

No es un conducto de trayecto rectilíneo, sino que tiene dos curvaturas en relación con el pubis. La primera, o *curvatura proximal*, es cóncava hacia delante, hacia la sínfisis del pubis; la segunda, o *curvatura distal*, es convexa hacia arriba, hacia la sínfisis del pubis. La curvatura proximal es constante y fija (porción fija), y se corresponde con la uretra prostática y membranosa; por el contrario, la curvatura anterior desaparece con el pene en erección (porción móvil) y corresponde a gran parte de la uretra esponjosa.

En urología es frecuente dividir la uretra en dos partes: *uretra posterior* (conjunto de uretra prostática y membranosa) y *uretra anterior* (uretra peneana).

Uretra prostática (Fig. 10-17)

La **uretra prostática** es la porción más ancha y dilatable. Recorre la próstata de base a vértice dibujando una ligera

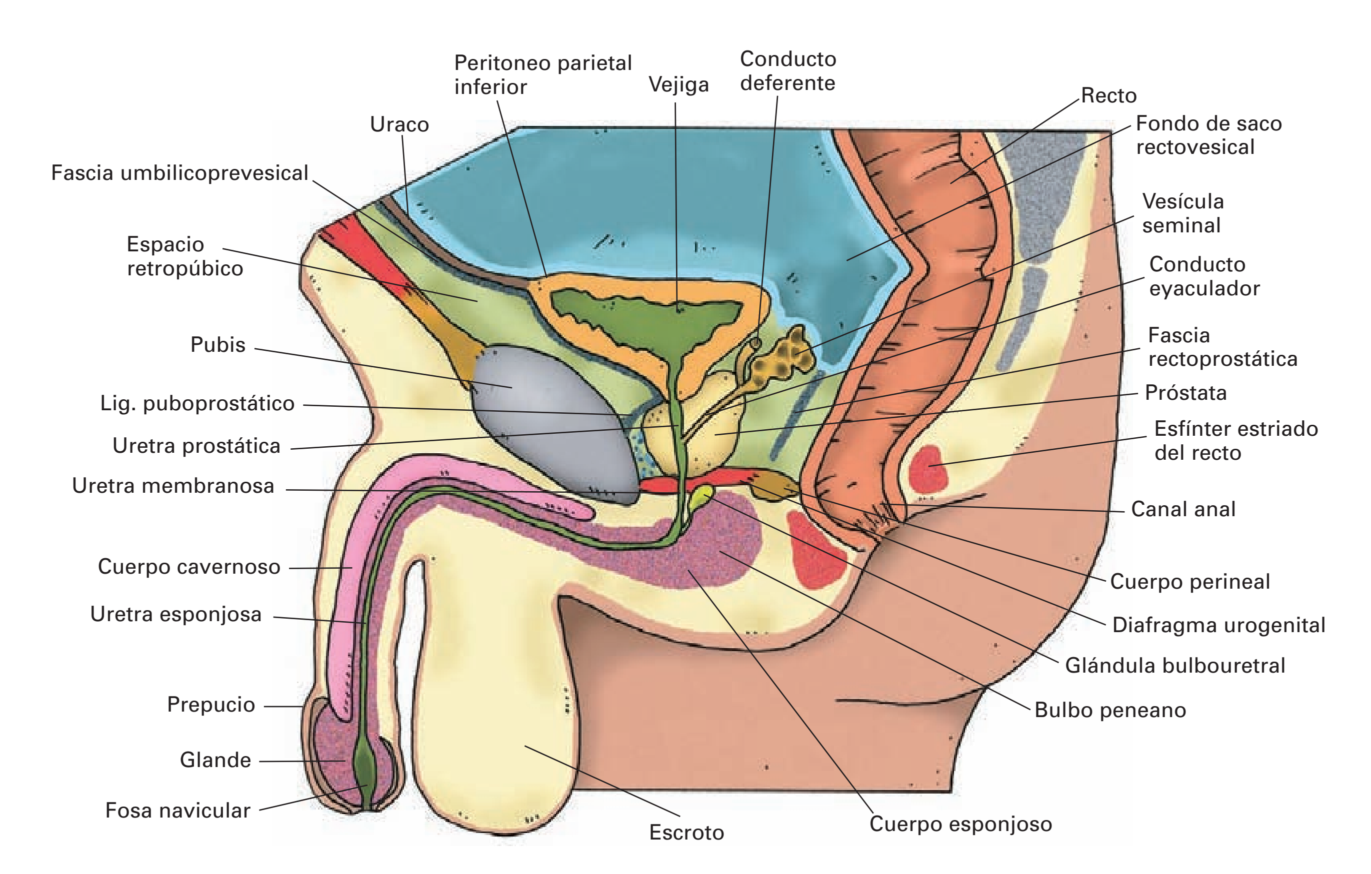


Figura 10-16. Sección sagital de la pelvis masculina.

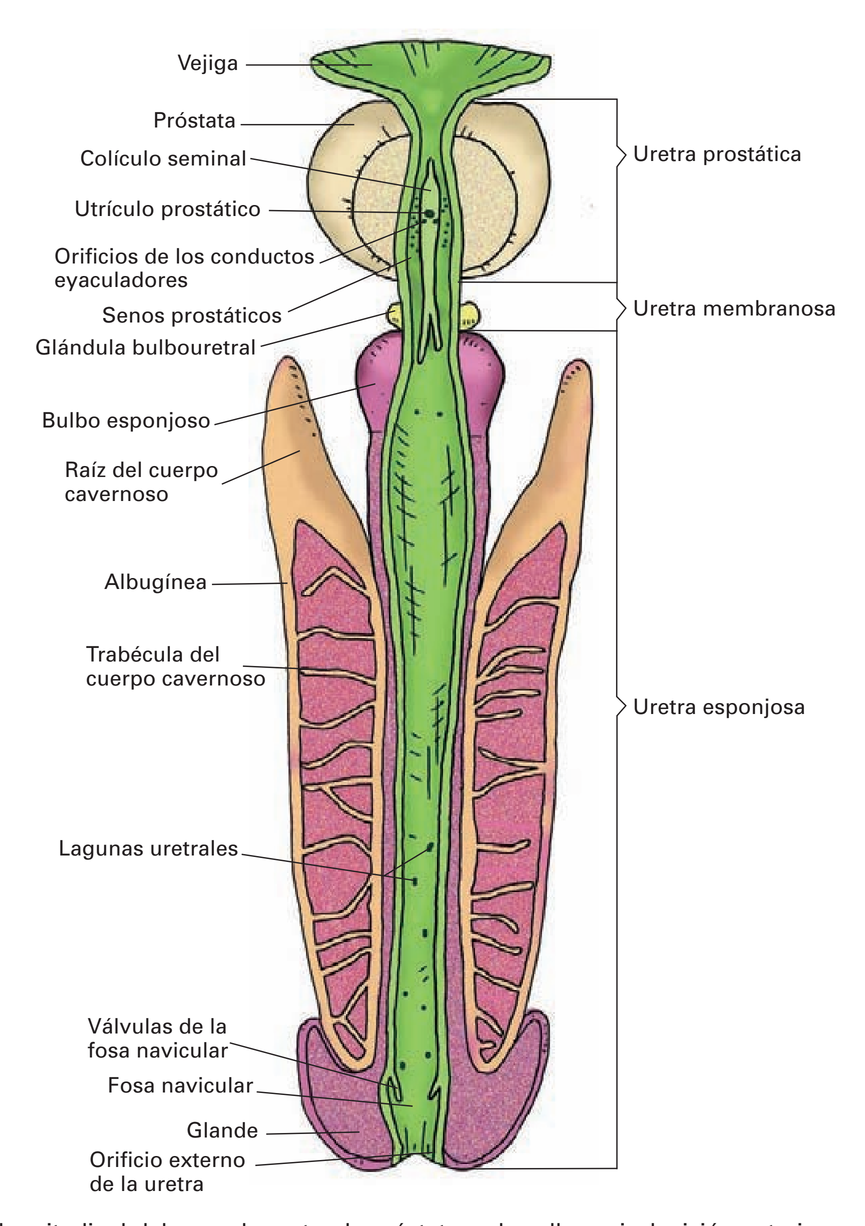


Figura 10-17. Corte longitudinal del pene, la uretra, la próstata y el cuello vesical, visión anterior.

concavidad anterior. En el interior se encuentran algunos detalles significativos. Si se abre la luz uretral, se observa que en la mucosa de la pared posterior, y en la línea media, se encuentra un relieve vertical, a modo de arista, denominado **cresta uretral**. La cresta recorre toda la porción prostática: hacia arriba se continúa con uno de los pliegues del orificio interno de la uretra; hacia abajo alcanza la porción membranosa; la zona media aparece elevada formando un relieve redondeado denominado **colículo seminal** (*veru montanum*). El colículo seminal está perforado por tres orificios. El orificio central corresponde a la desembocadura del **utrículo prostático**, un conducto en forma de pequeño fondo de saco situado en el espesor de la próstata por detrás y por debajo del lóbulo medio, y que constituye un resto embriológico del conducto paramesonefrótico. A los lados del utrículo se disponen los orificios de desembocadura de los dos **conductos eyaculadores**. Lateralmente a la cresta uretral se forman dos depresiones acanaladas, los **senos prostáticos**, donde se abren numerosos orificios de los conductos prostáticos.

Uretra membranosa

La **uretra membranosa** se dirige hacia abajo y hacia delante desde el vértice de la próstata al bulbo peneano. Atraviesa el suelo de la pelvis (plano profundo del periné anterior) a unos 2.5 cm por detrás y por debajo de la sínfisis del pubis. Primero atraviesa la fascia superior del diafragma urogenital, luego se rodea de las fibras estriadas del músculo

esfínter de la uretra y, finalmente, atraviesa la membrana perineal para penetrar en el bulbo esponjoso. Por detrás de la uretra y empotradas en el espesor del músculo estriado se encuentran las glándulas bulbouretrales.

Uretra esponjosa (Figs. 10-16 y 10-17)

La **uretra esponjosa** discurre en el interior del cuerpo esponjoso del pene, desde su entrada en el bulbo peneano hasta el orificio uretral externo, completamente rodeada de tejido eréctil. La entrada en el bulbo peneano es oblicua hacia abajo y hacia delante, de modo que, en este punto, la vertiente anterior de la uretra carece de tejido eréctil, constituyendo un punto débil de la pared uretral. En la parte proximal de la uretra esponjosa se abren los orificios de desembocadura de las **glándulas bulbouretrales**. En su parte distal, a nivel del glande, la luz está ligeramente dilatada formando la **fosa navicular de la uretra**. En la pared superior de esta fosa, la mucosa presenta un pliegue más o menos constante, la **válvula de la fosa navicular**.

Calibre

Si en la uretra no hay líquido, las paredes están contraídas y la luz se reduce a una hendidura en la que contactan los pliegues mucosos de la pared. El calibre de la uretra no es homogéneo, sino que presenta algunas zonas más anchas y dilatables, y otras más estrechas y rígidas. Las zonas anchas son la porción prostática, el segmento bulbar de la porción esponjosa y la fosa navicular. Las estrecheces son el orificio uretral interno, la porción membranosa (istmo de la uretra) y el orificio externo de la uretra. La uretra esponjosa mide, aproximadamente 5 mm de diámetro, pero al ser distensible deja pasar instrumentos de hasta 8 mm. El orificio externo de la uretra es la parte más estrecha y menos distensible.

Estructura

La pared de la uretra prostática y de la membranosa están formadas por dos capas concéntricas, mucosa y muscular. La uretra esponjosa carece de capa muscular; la mucosa está rodeada directamente por el tejido eréctil del cuerpo esponjoso.

La **mucosa** tiene un color rojo intenso y se continúa con el revestimiento epitelial del glande en su extremo distal. El revestimiento mucoso se continúa, además, con el de todos los conductos que se abren a la luz uretral. La mucosa forma pliegues longitudinales en las porciones esponjosa y membranosa, los cuales desaparecen al distenderse el conducto. Entre los pliegues de la mucosa se delimitan fosas o divertículos, **lagunas de la uretra**, a las que se accede por pequeños orificios visibles a simple vista. A veces, en estas lagunas drenan glándulas de naturaleza mucosa, las **glándulas uretrales** (*glándulas de Littré*[4]); estas glándulas son numerosas en la uretra esponjosa y membranosa. En la parte más distal de la uretra se encuentran glándulas más desarrolladas, agrupadas entre sí, las cuales, por medio de los **conductos parauretrales** (de hasta 2 cm de longitud), se abren a la luz uretral cerca de su desembocadura. Las glándulas segregan una mucosidad que lubrifica la uretra.

La mucosa está formada por un *epitelio* y una *lámina propia*. El epitelio es la porción prostática es de *transición*; en la uretra membranosa y esponjosa es *cilíndrico estratificado*; a partir de la fosa navicular se transforma en *plano estratificado*. La lámina propia, gruesa, está formada por tejido conectivo laxo rico en fibras elásticas y vasos sanguíneos.

La **capa muscular** de la uretra está formada por tejido muscular liso, en continuidad con el de la vejiga, que se organiza en una capa profunda de *fibras longitudinales* y una superficial de *fibras circulares*. A nivel de la próstata lasa fibras musculares se entremezclan con el tejido glandular.

Los **traumatismos de la uretra** suelen producirse de fuera hacia dentro; si la rotura se produce a la altura del bulbo del pene, lo más frecuente, la orina se extiende por el espacio perineal superficial hasta el escroto, bajo la fascia superficial. Si la uretra se rompe en la porción membranosa, la orina se extravasa al espacio perineal profundo y puede alcanzar la próstata.

La introducción de **sondas** o **cistoscopios** en la uretra masculina es un proceso que requiere tener en cuenta, además de los estrechamientos comentados, la existencia de la curvatura distal de la uretra. Esta curvatura desparece al llevar el pene hacia delante y hacia arriba, y es el primer paso que se debe realizar para sondar a un varón. El sondaje vesical, y en general cualquier tipo de cateterismo, se realiza con el sujeto en decúbito; con una mano se tracciona suavemente el pene hacia la pared anterior del abdomen y con la otra se introduce una sonda lubricada por el orificio uretral externo. Si a la altura del glande se introduce la sonda desviada hacia la pared posterior, puede engancharse en la válvula de la fosa navicular, razón por la cual debe desplazarse la sonda ligeramente hacia delante. La porción esponjosa se recorre fácilmente hasta que se nota una ligera resistencia en la porción membranosa debida al tono del músculo esfínter de la uretra; en ese momento, se desciende el pene hacia los muslos y se empuja la sonda para que atraviese el esfínter. El paso de la porción prostática y la entrada en el cuello vesical no presentan, en general, una dificultad especial.

[4] Alexis Littré, médico francés (1654-1725).

Vascularización

Arterias. La uretra prostática está irrigada por ramos procedentes de las **arterias prostática** y **vesical inferior**, ramas de la ilíaca interna.

La uretra membranosa recibe ramos de las **arterias rectales inferiores**, **del bulbo del pene** y **vesical anterior**, ramas de la pudenda interna.

La uretra esponjosa se vasculariza por las **arterias del bulbo del pene**, **uretral** y **dorsal del pene**, todas ellas procedentes de la pudenda interna.

Venas. El retorno venoso se lleva a cabo por venas que terminan en el **plexo prostático** o en la **vena dorsal del pene** para la uretra esponjosa.

Linfáticos. La linfa de la uretra prostática y membranosa es recogida por los **ganglios linfáticos ilíacos internos** y **externos**. La procedente de la porción esponjosa va a los **ganglios inguinales superficiales** y a los ilíacos externos.

Inervación

La uretra está inervada por ramas procedentes del **plexo hipogástrico inferior** y del **nervio pudendo** (nervios perineal y dorsal del pene).

URETRA FEMENINA

La uretra femenina es un conducto muy corto, de 3-4 cm, que se extiende desde el cuello de la vejiga hasta la vulva.

Situacion y trayecto (Fig. 10-18)

La uretra desciende casi verticalmente por delante de la vagina, a cuya pared está adosada, y por detrás de la sínfisis del pubis, de la que está separada por tejido conectivo graso y plexos venosos. Atraviesa el periné anterior, junto con la vagina, y se rodea, prácticamente en toda su longitud, por el músculo esfínter de la uretra. Por detrás, entre la uretra y la vagina, las fibras son más delgadas. Tras pasar la membrana perineal desemboca en la vulva por el orificio uretral externo, inmediatamente por delante del orificio vaginal y a unos 2 cm por detrás del clítoris. El orificio uretral externo tiene una forma muy variable: puede consistir en una estrecha hendidura sagital, o puede ser más o menos redondeado. En ocasiones se encuentra algo hundido en una pequeña depresión mucosa, lo que dificulta su localización para el sondaje.

La uretra femenina tiene un calibre de unos 7 mm y es más distensible que la del varón.

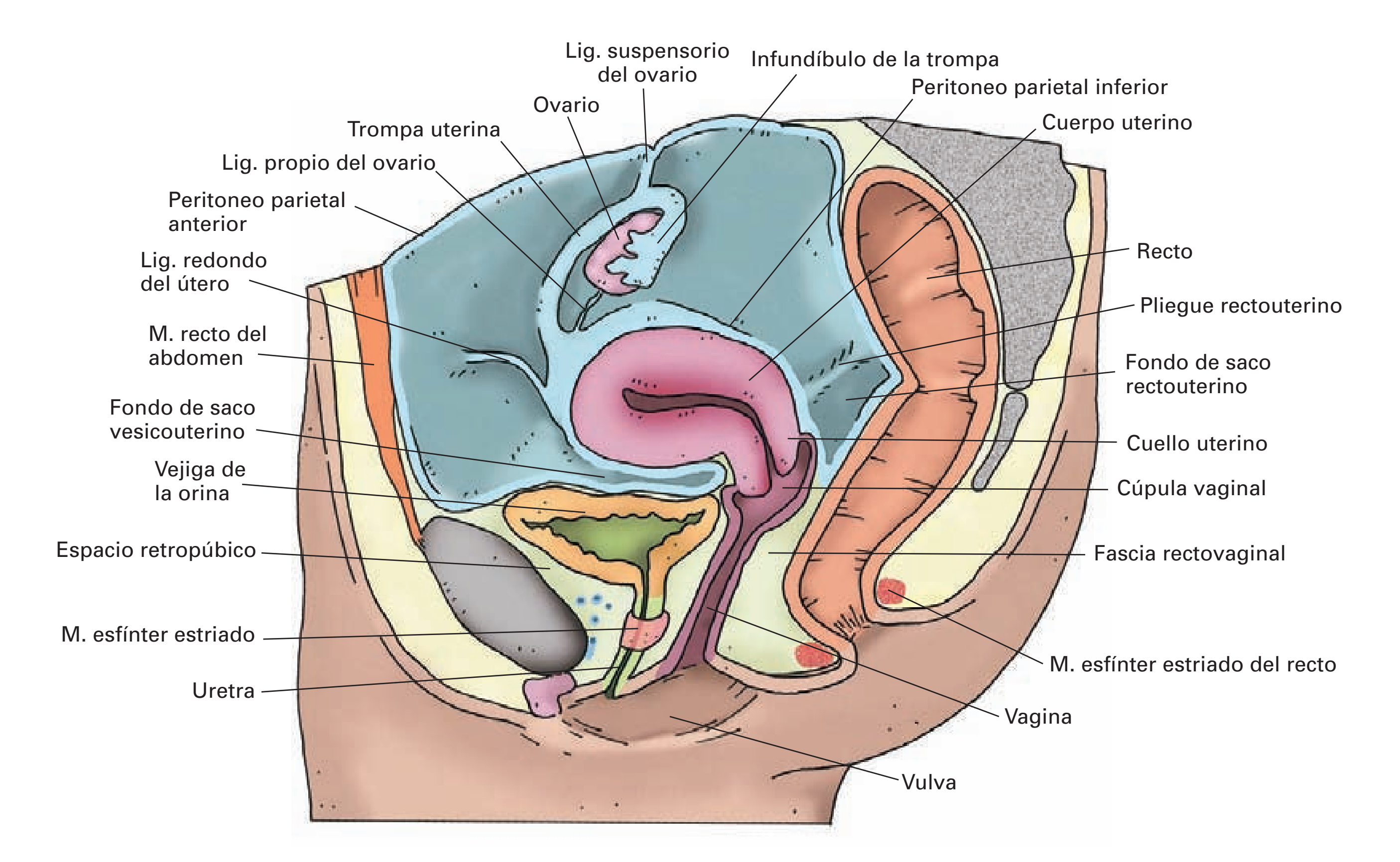


Figura 10-18. Sección sagital de la pelvis femenina.

Estructura

La pared de la uretra femenina consta de dos capas: interna o mucosa y externa o muscular.

La **capa mucosa** presenta pliegues longitudinales que desaparecen al dilatarse el conducto. El pliegue de la pared posterior es más marcado (cresta uretral). Al igual que la uretra masculina, hay lagunas y glándulas uretrales. En posición distal, hay agrupamiento de algunas glándulas que se abren por dos **conductos parauretrales** abiertos a los lados del orificio uretral externo.

El *epitelio* es *plano estratificado*, excepto en la parte superior, donde es de *transición*. La *lámina propia* es gruesa, rica en tejido conectivo laxo, fibras elásticas y plexos venosos, lo que le confiere características de tejido eréctil (**capa esponjosa de la uretra**).

La **capa muscular** está formada principalmente por fibras musculares longitudinales y oblicuas que descienden desde el cuello vesical. Existen algunas fibras circulares externas que se entremezclan con el esfínter estriado de la uretra.

Vascularización

Arterias. La porción superior es irrigada por ramos de las **arterias vesical inferior** y **vaginal** (ramas de la ilíaca interna) y la porción inferior, por las **arterias uretral** y **bulbar** (ramas de la pudenda interna).

Venas. Las venas uretrales drenan en el **plexo vaginal**.

Linfáticos. Los vasos linfáticos se dirigen a los **ganglios linfáticos ilíacos internos** y **externos**. La porción distal drena también en los **ganglios linfáticos inguinales superficiales**.

Inervación

La uretra femenina recibe ramos del **plexo hipogástrico inferior** y del **nervio pudendo**.

SECCIÓN VII

APARATO REPRODUCTOR

CAPÍTULO 11

Aparato reproductor masculino

TESTÍCULO
VÍAS ESPERMÁTICAS
GLÁNDULAS ANEXAS
GENITALES EXTERNOS

El aparato reproductor masculino consta de los testículos, las vías espermáticas, las glándulas anexas productoras de líquido seminal y los genitales externos, formados por el pene y el escroto (envolturas del testículo).

TESTÍCULO

Los **testículos**[1] son dos órganos, derecho e izquierdo, situados en el interior de las bolsas escrotales, donde están suspendidos por los cordones espermáticos. El testículo izquierdo ocupa una posición ligeramente más baja que el derecho, lo cual es más manifiesto cuando el escroto está relajado. Producen las células sexuales masculinas, los espermatozoides, y constituyen una glándula endocrina que secreta hormonas sexuales (*testosterona* y *dihidrotestosterona*). La temperatura en los sacos escrotales es unos tres grados inferior a la del interior del abdomen. Este hecho es esencial para una producción adecuada de espermatozoides.

En la mayoría de los vertebrados, el testículo se encuentra en el abdomen, ocupando su posición embrionaria primitiva en la parte superior y posterior de la cavidad celómica. En los mamíferos, salvo excepciones (como el elefante), los testículos descienden a los sacos escrotales.En los mamíferos acuáticos (ballena o el delfín) ocupan también una posición intrabdominal. En algunos animales que crían en determinadas estaciones, los sacos escrotales permanecen en comunicación con la cavidad abdominal y los testículos se desplazan, bajo el efecto del músculo cremáster, desde los sacos al abdomen durante las épocas sin crianza.

En algunos trastornos del desarrollo sexual, los testículos pueden ser muy pequeños y estériles. Tal es el caso del **síndrome de Klinefelter** en el que hay tres cromosomas sexuales, XXY.

La **castración** es la extirpación de los testículos. Los sujetos no producen testosterona y se transforman en eunucos. La castración ha sido practicada en algunas civilizaciones antiguas. Entre los asirios y los persas, los eunucos se destinaban a ocupar puestos de confianza de la corte, ya que, al no tener descendencia, se les consideraba gente fiel y de confianza en los asuntos de gobierno. En el imperio bizantino, los eunucos también ocupaban puestos de gobierno o se destinaban a la custodia de las mujeres. Casi con seguridad fueron también sacerdotes cristianos, pues el concilio de Nicea (325) prohibió a los eunucos el acceso al sacerdocio.

Forma (Fig. 11-1)

Los testículos son ovoideos y se puede distinguir en ellos una **cara medial** y otra **lateral**, un **borde anterior** y otro **posterior**, y un **polo superior** y otro **inferior**. El eje mayor del ovoide está ligeramente inclinado de delante hacia atrás y de arriba abajo, de modo que los polos son en realidad anterosuperior y posteroinferior.

El borde posterior y el polo superior están estrechamente relacionados con el epidídimo. El polo inferior está uni-

[1] Testículo: del latín *testis* = testigo.

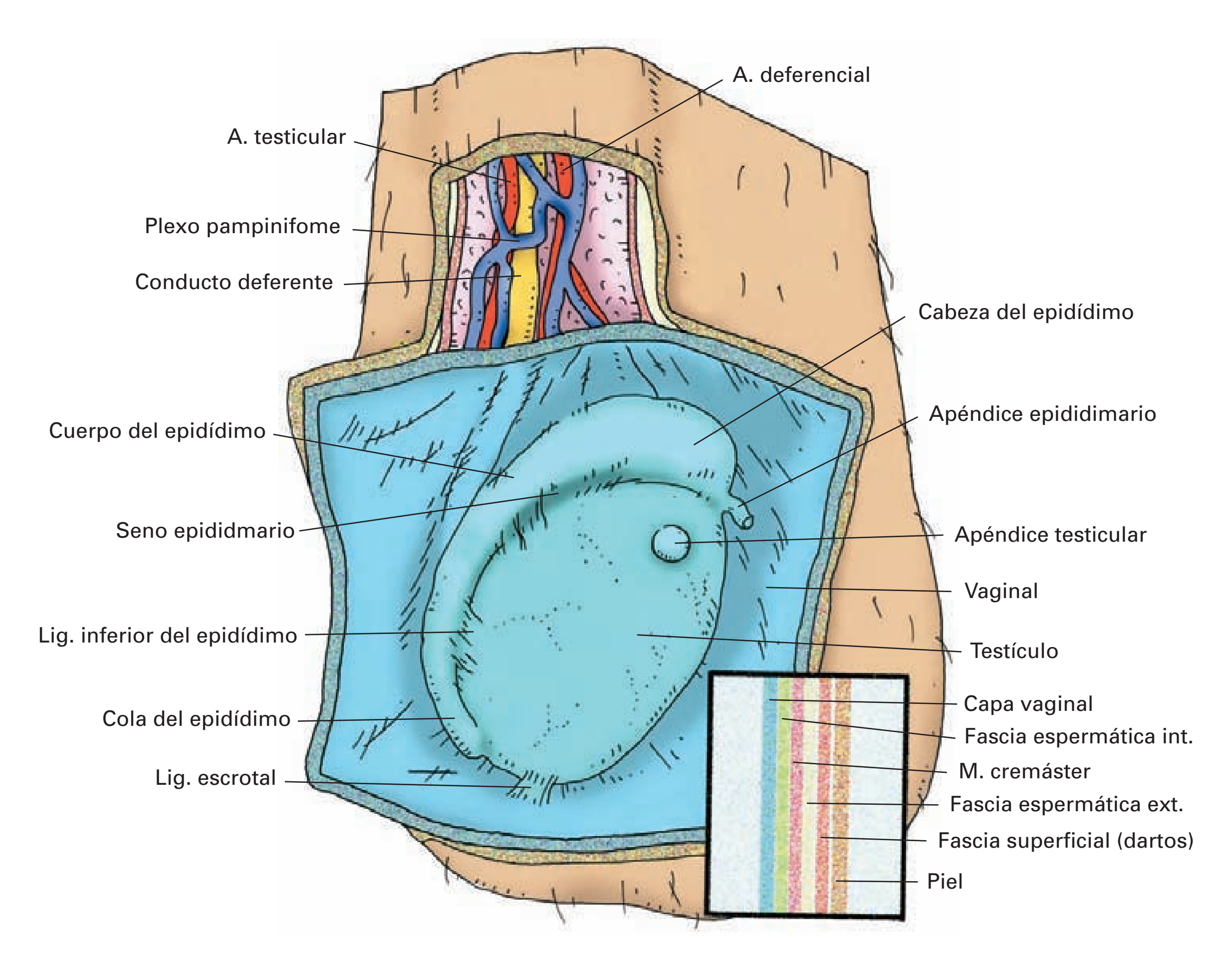


Figura 11-1. Testículo, epidídimo y conducto deferente tras abrir las cubiertas de la bolsa escrotal y del cordón espermático. En el recuadro se representan en distintos colores las diferentes capas que forman la cubierta escrotal.

do al escroto por el **ligamento escrotal**, un corto haz fibromuscular que fija el testículo a sus cubiertas. Con frecuencia, puede observarse sobre el polo superior el **apéndice testicular** (*hidátide sésil de Morgagni*), un resto embriológico del conducto paramesonefrótico. Excepto en las zonas de adherencia al epidídimo y al cordón espermático, el testículo está revestido por la túnica vaginal del escroto (véase más adelante).

El tamaño del testículo es variable; el valor medio varía alrededor de los 4 cm de longitud, los 3 cm de delante atrás y los 2.5 cm de espesor.

La determinación del tamaño testicular es importante para analizar el desarrollo sexual de un niño o problemas sexuales u hormonales del adulto.

Estructura (Fig. 11-2)

El testículo está rodeado por una cápsula conjuntiva, la **túnica albugínea**, resistente, gruesa, de aspecto blanco y brillante, que confiere al órgano una consistencia dura, especialmente a partir de la pubertad. En la superficie interna de la albugínea se dispone la *capa vasculosa*, formada por plexos vasculares y tejido conectivo areolar. En ambas capas hay fibras musculares lisas cuya contracción intermitente ayuda a la progresión de los espermatozoides por los túbulos seminíferos. Hacia la parte media del borde posterior, la albugínea se engruesa y forma el **mediastino testicular**, que penetra como una cuña en el interior del órgano y emite tabiques conectivos radiales, los **tabiques testiculares**, hacia la superficie del órgano. Los tabiques están tapizados por prolongaciones de la capa vasculosa y dividen al testículo en **lobulillos testiculares**, aproximadamente entre 200 y 300. Cada lobulillo tiene forma piramidal y suelen comunicar se entre sí en la parte periférica, debido a que muchos tabiques son incompletos.

Cada lobulillo contiene varios **túbulos seminíferos contorneados**, de trayecto muy tortuoso. Tienen el aspecto de finos hilillos, pero llegan a medir más de medio metro de longitud. En ellos tiene lugar el proceso de esper-

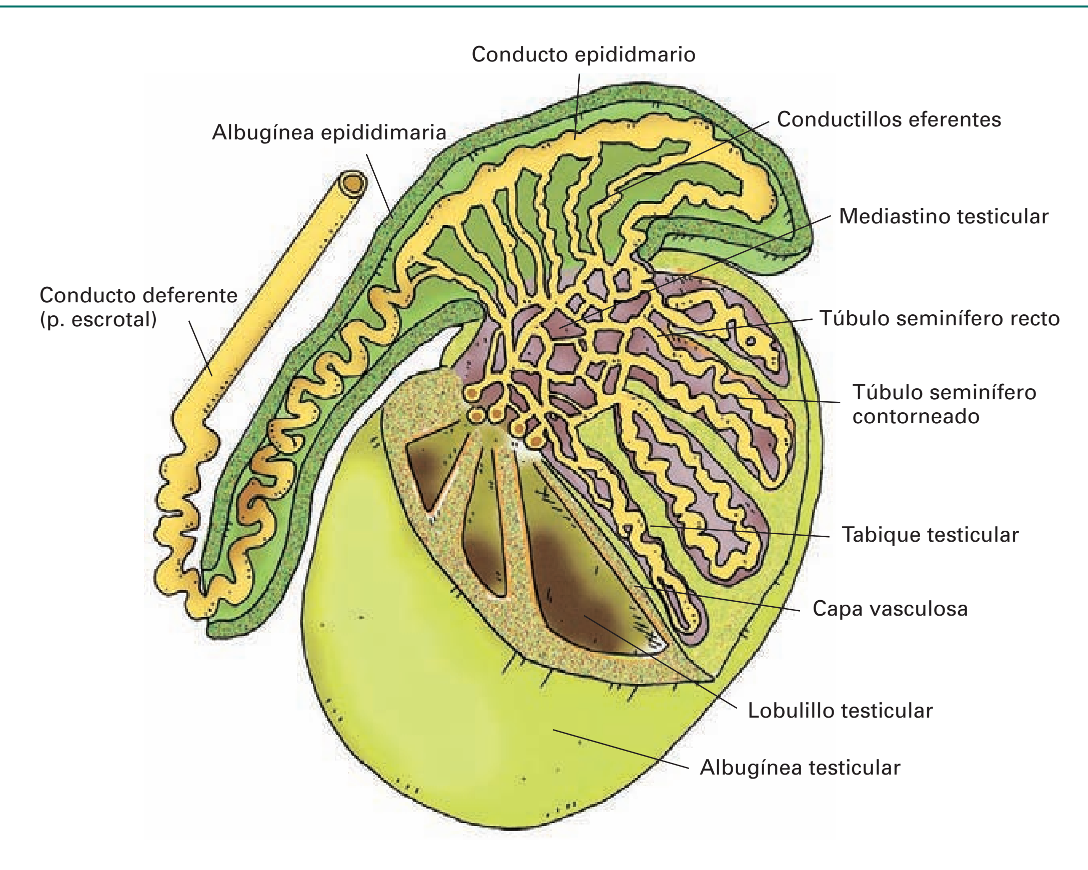


Figura 11-2. Corte del epidídimo y del testículo para mostrar su estructura. El testículo ha sido seccionado en dos planos. En el plano transversal se ha vaciado el contenido de los lobulillos.

matogénesis. Entre los túbulos seminíferos hay tejido conectivo rico en vasos sanguíneos y en células intersticiales. Las **células intersticiales** (*células de Leydig*)[2] constituyen la parte endocrina del testículo dado que sintetizan la testosterona, la hormona sexual masculina.

Esta hormona es responsable de estimular la actividad de los túbulos seminíferos, así como del desarrollo de los genitales, de los caracteres sexuales secundarios del varón (silueta corporal, disposición del vello, la voz, etc.) y de la conducta sexual. Las células intersticiales experimentan ciclos de actividad a lo largo del desarrollo que están regulados por hormonas: durante la diferenciación de las gónadas embrionarias son dependientes de la gonadotrofina coriónica de la placenta; luego, en el período fetal y a partir de la pubertad, dependen de la hormona luteinizante (LH) hipofisaria.

Los túbulos seminíferos contorneados de cada lobulillo se fusionan cerca del mediastino testicular y forman el **túbulo seminífero recto**. Éstos penetran en el mediastino y se conectan profusamente entre sí, constituyendo la **red testicular** (*red de Haller*)[3]. Finalmente, la red testicular da origen a los **conductillos eferentes del testículo**, los cuales, atravesando la albugínea, se unen al conducto epididimario.

Los **túbulos seminíferos contorneados** están rodeados por una membrana basal y varias capas estratificadas de **células mioides**, unas células contráctiles semejantes a la fibra lisa. La pared del túbulo está estratificada y limita una luz a la que se vierten los espermatozoides (Fig. 11-3). Antes de la pubertad, la luz está cerrada, y luego se abre al comenzar la actividad sexual bajo efecto de las hormonas. En la pared hay dos tipos de células: las espermatogénicas y las de sostén (*células de Sertoli*)[4].

Las **células espermatogénicas** experimentan en la pared del túbulo un proceso de diferenciación y de división meiótica, dando lugar progresivamente a distintas estirpes celulares: **espermatogonias, espermatocitos primarios, espermatocitos secundarios, espermátides** y **espermatozoides**. Se calcula que el testículo puede formar diariamente unos 200 millones de espermatozoides, y que el proceso de espermatogénesis dura casi tres meses.

Las **células de sostén** (*células de Sertoli*) ejercen distintas funciones: tienen un papel de sujeción mecánica, de nutrición e incluso de fagocitosis de restos celulares durante la espermatogénesis; además producen estrógenos y algunos factores que regulan la actividad de las hormonas,

[2] Franz von Leydig, médico y zoólogo alemán (1821-1908).
[3] Albrecht von Haller, médico y cirujano suizo (1708-1777).
[4] Enrico Sertoli, médico italiano (1842-1910).

como la proteína fijadora de andrógenos (ABP) o la inhibina. Durante el desarrollo prenatal, producen la hormona anti-mülleriana, un factor determinante de la diferenciación de la gónada en testículo y de la regresión del conducto paramesonefrótico o de Müller. Son responsables del establecimiento de la **barrera hematotesticular**. Esta barrera es el resultado de contactos de tipo *zonula ocludens* entre las células de sostén; dichos contactos dividen la pared del túbulo seminífero en un compartimiento basal y un compartimiento adluminal, donde tienen lugar las fases finales de la producción de espermatozoides. La barrera permite mantener unas condiciones metabólicas e incluso inmunitarias diferentes en cada compartimiento, impidiendo, por ejemplo, que sustancias tóxicas de la sangre dañen las últimas fases de la espermatogénesis. Alteraciones de esta barrera parecen desempeñar un importante papel en los procesos de esterilidad.

Descenso del testículo

La descripción y los mecanismos por los cuales el testículo desciende a las bolsas escrotales durante el período prenatal corresponden a los textos de embriología. Sin embargo, para una correcta comprensión de la anatomía del aparato reproductor masculino es preciso indicar aquí algunos hechos embriológicos.

Inicialmente, el testículo embrionario se encuentra en la pared abdominal posterior haciendo prominencia en la cavidad celómica, y está unido por su extremo inferior a la pared de la región inguinal mediante un haz mesenquimatoso denominado *gubernaculum testis*. Al tiempo que el testículo se diferencia, en la superficie anterior del periné se forman unos pliegues del ectodermo (rodetes genitales) que crecen caudalmente y se fusionan en la línea media para formar el escroto. Es entonces cuando la cavidad celómica (futura cavidad peritoneal) emite dentro del esbozo escrotal una prolongación bilateral denominada **conducto peritoneo vaginal** (*conducto de Nuck*)[5] que sigue el trayecto del primitivo conducto inguinal.

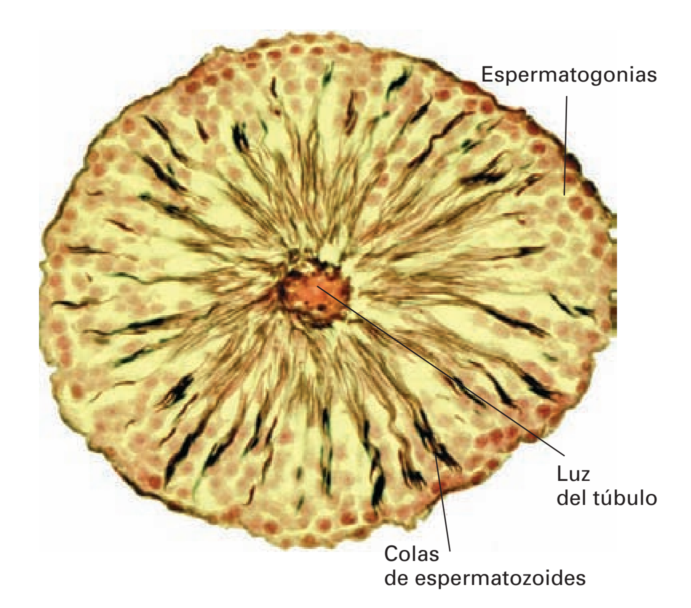


Figura 11-3. Microfotografía de un túbulo seminífero. Tinción argéntica y de hematoxilina-eosina.

Desde el final del tercer mes hasta el término de la gestación, el testículo experimenta un proceso de descenso para acabar colocándose dentro de las bolsas escrotales. Hacia el sexto mes, el testículo se encuentra en el anillo inguinal profundo, al séptimo mes cruza el conducto inguinal y hacia el final del octavo mes ocupa su situación definitiva en el escroto. Este proceso es guiado por el *gubernaculum testis*, el cual, bajo la acción de los andrógenos y de las gonadotropinas, sufre un acortamiento progresivo y termina transformándose en el ligamento escrotal. Es obvio, que durante este descenso el testículo arrastra al epidídimo y al conducto deferente.

En condiciones normales, el conducto peritoneovaginal se oblitera y pierde comunicación con el peritoneo. La porción que permanece rodeando el testículo forma la túnica vaginal.

Si el conducto peritoneovaginal persiste, se trata de una **hernia inguinal congénita**, vía de paso por la que salen al exterior del abdomen las asas intestinales. Si el cierre es incompleto, pueden formarse quistes en el interior del cordón espermático.

El pediatra debe reconocer en la exploración del recién nacido la presencia de los testículos en las bolsas escrotales, así como la presencia o no de una hernia inguinal.

Criptorquidia. Es el descenso anormal del testículo durante el período prenatal. El testículo puede permanecer en la cavidad abdominal o en el conducto inguinal. En otras ocasiones, el testículo puede pasar el anillo inguinal superficial pero ocupar una posición anómala (**testículo ectópico**), por ejemplo, en el periné. Cuando el testículo no se encuentra en las bolsas escrotales, el sujeto es estéril, pues la temperatura requerida para la espermatogénesis no es la adecuada.

VÍAS ESPERMÁTICAS

Aunque en sentido estricto las vías espermáticas comienzan en el interior del testículo mediante los diversos sistemas de conductos descritos anteriormente, consideramos aquí, que las vías propiamente dichas están constituidas por el **epidídimo**, el **conducto deferente**, el **conducto eyaculador** y la **uretra** (esta última se describe con el aparato urinario).

[5] Antonius Nuck (1650-1692), médico holandés.

EPIDÍDIMO

El **epidídimo**[6] es un órgano alargado que inicia las vías espermáticas y sirve de reservorio y lugar de maduración de los espermatozoides; está situado sobre el borde posterior y la cara lateral del testículo.

Forma (Fig. 11-1)

El epidídimo tiene forma de coma. Se distinguen una parte anterior más gruesa, la **cabeza**, una parte media, el **cuerpo**, y un extremo alargado, la **cola**. La cabeza reposa sobre el polo superior del testículo y el mediastino testicular, desde donde recibe los conductillos eferentes. La cola se adhiere al testículo y se continúa con el conducto deferente.

El epidídimo está parcialmente cubierto por la túnica vaginal del escroto.

Es frecuente observar en la cabeza del epidídimo una pequeña vesícula pediculada, el **apéndice epididimario** (*hidátide pediculada*), un resto embrionario del conducto mesonefrótico.

Estructura (Fig. 11-2)

El órgano está envuelto por una **túnica albugínea** fina y resistente, de la que parten hacia el interior redes de tejido conectivo areolar ricas en vasos y fibras nerviosas. En este tejido está inmerso el **conducto epididimario**, un tubo extraordinariamente contorneado (llega a medir 5 ó 6 m), que se extiende desde la cabeza a la cola del epidídimo. En la cabeza recibe a los conductillos eferentes procedentes del mediastino testicular, los cuales, antes de desembocar, se retuercen formando un ovillo de forma cónica (**lobulillos epididimarios** o *conos eferentes*). Por la cola se continúa con el conducto deferente.

La pared del conducto está formada por una capa mucosa y una capa muscular (Fig. 11-4).

La capa *mucosa* consta de un *epitelio pseudoestratificado* rodeado de una *lámina propia*. En el epitelio hay dos tipos de células: células principales y células basales. **Las células principales** tienen abundantes microvellosidades y cumplen un papel de reabsorción de líquidos vertidos en los túbulos seminíferos, así como de secreción de algunos productos, tales como glucoproteínas necesarias para la maduración de los espermatozoides. Las **células basales** son células madre de las principales.

La capa *muscular* está formada por estratos de fibras *circulares lisas* a las que en el del cuerpo y la cola se añaden fibras *longitudinales*. Tanto la luz como el grosor de la pared van aumentando hacia la cola del conducto epididimario.

La maduración de los espermatozoides es necesaria para que éstos puedan penetrar en las capas del óvulo durante la fecundación; éste es un proceso complejo que se inicia en el epidídimo y tiene lugar preferentemente en la cabeza y la zona intermedia del conducto. La cola o segmento terminal es el lugar de almacenamiento. Los espermatozoides son transportados hacia la zona de almacenamiento mediante contracciones peristálticas espontáneas de las fibras lisas; allí se mantienen fértiles durante un tiempo y pueden permanecer hasta tres semanas. Es posible extraer espermatozoides de la cola del epidídimo mediante punción con objeto de hacer una fecundación artificial en caso de impermeabilidad del conducto deferente.

El epidídimo puede infectarse de forma aguda (**epididimitis**), como consecuencia de la propagación retrógrada por el conducto deferente de una infección de la vejiga o de la uretra. En estos casos, el escroto está inflamado y es muy doloroso y sensible con la palpación.

CONDUCTO DEFERENTE

El **conducto deferente**[7] es la continuación del conducto epididimario y transporta los espermatozoides a la uretra durante la eyaculación. Su consistencia es dura debido al grosor y a la naturaleza fuertemente muscular de su pared; su longitud aproximada es de 45 cm.

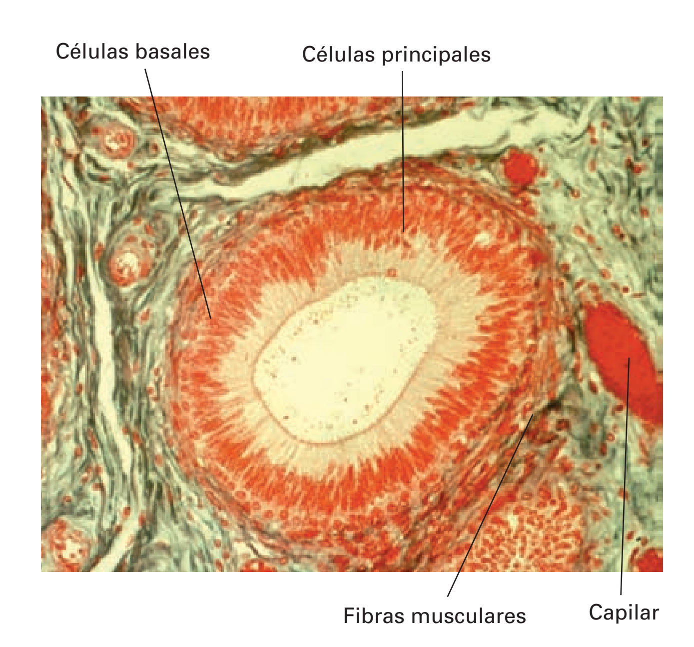


Figura 11-4. Microfotografía del conducto epididimario. Tricrómico de Azzan.

[6] Epidídimo, del griego *epi* = sobre y *didymos* = doble, en alusión a los dos testículos.

[7] Deferente: del latín *defero* = llevar, transportar.

Situación y trayecto (Figs. 11-5, 11-6 y 11-7)

Se extiende desde la cola del epidídimo hasta el conducto excretor de la vesícula seminal, con el cual se une para formar el conducto eyaculador. En su origen y en su terminación es bastante tortuoso, pero es rectilíneo en la mayor parte parte de su trayecto. En su largo recorrido se dispone primero fuera de la pelvis (trayecto extrapélvico) y, luego, en el interior de la pelvis (trayecto intrapélvico); el conducto inguinal es la vía de paso.

Trayecto extrapélvico

Se extiende desde su origen hasta el anillo inguinal profundo y, según las estructuras con las que se relaciona, se divide en tres porciones: escrotal, funicular e inguinal.

La *porción escrotal* es muy flexuosa. Discurre medialmente al epidídimo siguiendo el borde posterior del testículo; al llegar junto a la cabeza del epidídimo, se hace rectilínea, se acoda y se incorpora al cordón espermático.

La *porción funicular* asciende por delante del cuerpo del pubis hasta el anillo inguinal superficial. Se dispone bajo la piel formando parte del cordón espermático. Puede palparse como un elemento duro presionándolo contra el pubis. Los vasos pudendos externos lo cruzan perpendicularmente.

Este segmento, debido a su accesibilidad, es el indicado para practicar la **vasectomía**, un procedimiento utilizado para la esterilización masculina[8]. Se realiza con anestesia local. Se palpa entre los dedos pulgar e índice el cordón espermático y se practica una pequeña incisión transversal en la piel por encima del escroto, a nivel del cuerpo del pubis. Se aborda el cordón, se diseca el conducto deferente de los otros elementos y se practica una sección de 1 ó 2 cm; luego se ligan o electrocoagulan los extremos y se cierra con sutura.

La *porción inguinal* discurre por el interior del conducto inguinal desde el anillo inguinal superficial al anillo inguinal profundo. Al igual que la porción funicular, forma parte del cordón espermático. Se relaciona con las paredes del conducto inguinal y con los nervios ilioinguinal y la rama genital del genitofemoral. A la salida del conducto se separa de los otros elementos del cordón y discurre en solitario por el interior de la pelvis.

Trayecto pélvico

Una vez que el conducto deferente ha entrado en el abdomen por la parte profunda de la región inguinal, se encuentra tapizado por el peritoneo parietal, cruza los vasos ilíacos externos y penetra en el espacio infraperitoneal junto a la vejiga de la orina, disponiéndose primero a los lados y luego por detrás de ella. Se distinguen, así, en el interior de la pelvis tres porciones: ilíaca, laterovesical y retrovesical.

La *porción ilíaca* aparece por fuera de la arteria epigástrica inferior y sigue hacia atrás sobre la cara anterior de la arteria ilíaca externa. Luego se desliza hacia dentro sobre la arteria y la vena ilíaca externa y, cruzando el estrecho superior, penetra en el espacio infraperitoneal.

La *porción laterovesical* discurre hacia atrás entre la vejiga por dentro y la pared lateral de la pelvis por fuera, siempre bajo el peritoneo parietal inferior, al cual se adhiere. Encuentra la entrada del uréter en la vejiga cruzándolo por delante y por encima para dirigirse luego hacia dentro y continuarse con la última porción.

La *porción retrovesical* vuelve a ser tortuosa como el origen y está algo dilatada, formando la denominada **ampolla del conducto deferente**. Desciende por detrás de la vejiga inmersa en el denso tejido conectivo de la fascia rectovesical, bajo el fondo de saco de Douglas, por dentro de las vesículas seminales. Termina mediante una porción estrechada uniéndose al conducto excretor de la vesícula seminal sobre la base de la próstata.

En su trayecto infraperitoneal el conducto deferente establece relaciones con ramas de la arteria ilíaca externa, los plexos venosos pélvicos y los plexos hipogástricos (para detalles ver espacio Infraperitoneal).

Estructura

El conducto deferente tiene una luz muy estrecha rodeada de una gruesa pared estructurada en tres capas: mucosa, muscular y adventicia.

La *túnica mucosa* es un *epitelio cilíndrico pseudoestratificado* rodeado de *una lámina propia*. El epitelio contiene **células principales** con estereocilios y capacidad secretora, y **células basales**.

La *túnica muscular* es muy gruesa, siendo ésta una de las características del conducto; está formada por tres estratos de fibra lisa bien diferenciados en unas zonas y entremezclados en otras: *estrato interno longitudinal*, *estrato medio circular* y *estrato externo longitudinal*. En la ampolla, la capa muscular es muy delgada.

Gracias a esta musculatura, durante la eyaculación, el conducto deferente se contrae rápida y rítmicamente transportando los espermatozoides desde la cola del epidídimo hasta el conducto eyaculador.

La túnica adventicia de tejido conectivo envuelve el órgano.

CONDUCTO EYACULADOR

El **conducto eyaculador**[9] resulta de la unión del conducto deferente con el conducto excretor de la vesícula semi-

[8] Está ampliamente documentada la existencia de campañas masivas de esterilización masculina, mediante la vasectomía, en China y en diversos países subdesarrollados, como método de control de la población.

[9] Eyaculador: del latín *ejaculor* = lanzar, descargar.

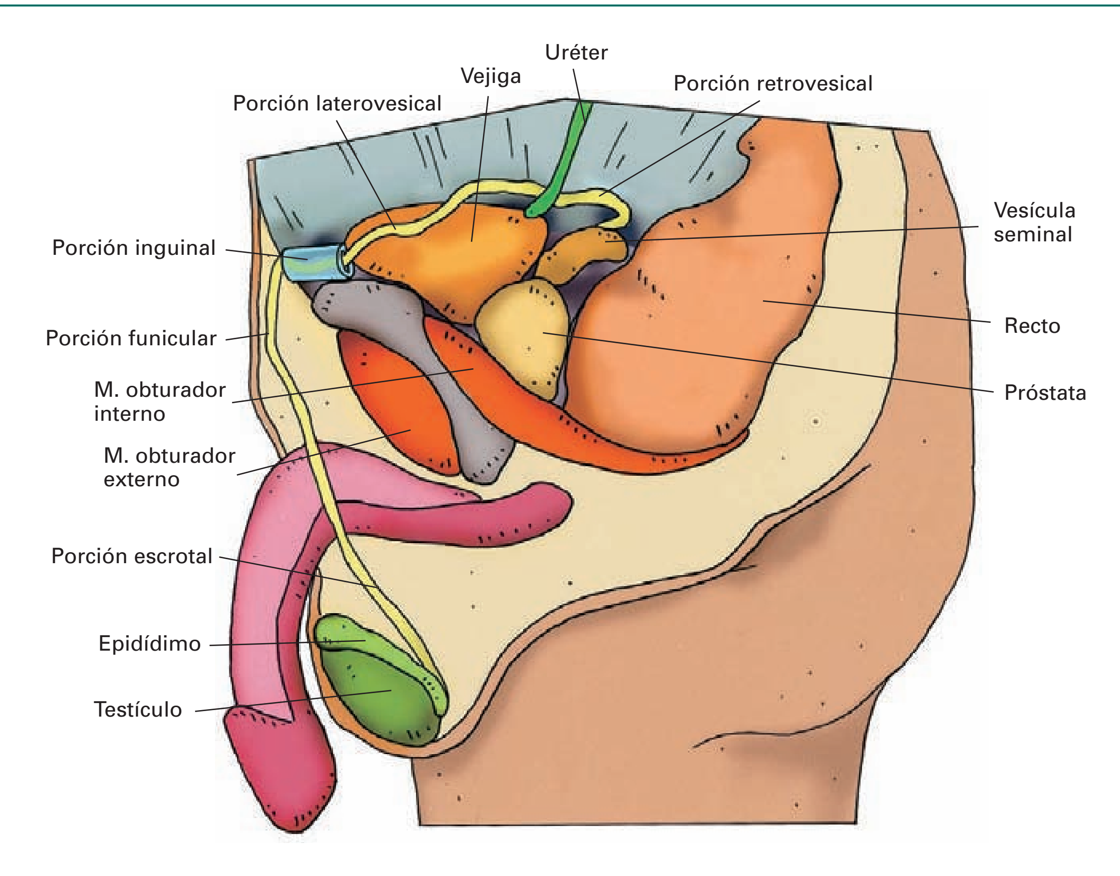


Figura 11-5. Visión lateral izquierda de la pelvis masculina para mostrar el trayecto del conducto deferente.

nal (Figs. 11-6; 11-8). Transporta los espermatozoides del conducto deferente y las secreciones de la vesícula seminal hacia la uretra.

Es un tubo corto, de unos 2 cm de longitud, que atraviesa la próstata oblicuamente hacia delante y hacia abajo muy próximo al del lado contrario, del que está separado por el utrículo prostático (véase más adelante). Desemboca en la uretra prostática, a nivel del colículo seminal, mediante una estrecha hendidura.

Estructura

La pared es muy fina. Consta de una **túnica mucosa** *de epitelio cilíndrico pseudoestratificado* rodeada de una *lámina propia* rica en fibras elásticas, y de **una túnica muscular** que se confunde con el estroma fibromuscular de la próstata.

Vascularización del testículo y de las vías espermáticas

Arterias (Figs. 11-1 y 10-1). El *testículo* y el *epidímo* están irrigados por la **arteria testicular**, rama de la aorta abdominal. Llega a estos órganos por el cordón espermático y, a nivel del borde posterior del testículo, emite un **ramo epididimario** y luego perfora la albugínea testicular, dividiéndose en arteriolas por la capa vasculosa y sus prolongaciones interlobulillares. Contribuyen también a su irrigación la **arteria cremastérica** (*arteria funicular*), rama de la epigástrica inferior, y la **arteria deferencial**, rama de la ilíaca interna; estas dos arterias discurren por el cordón espermático y se anastomosan con la testicular.

El *conducto deferente* está irrigado por la **arteria del conducto deferente**, rama de la ilíaca interna, bien directamente, o bien por medio de la umbilical o de la vesical inferior. En el cordón espermático se anastomosa con la arteria testicular.

El *conducto eyaculador* es irrigado por los **ramos prostáticos** de la vesical inferior.

Venas. Las vénulas *testiculares* van convergiendo sobre la capa vasculosa y salen por el mediastino testicular formando un plexo venoso (**plexo pampiniforme**), el cual recibe venas del epidídimo y del deferente. El plexo discurre con el cordón espermático y acaba convergiendo en la **vena testicular**; en la mayor parte de los casos, la vena testicular derecha termina en la cava inferior y la izquierda en la vena renal izquierda (Fig. 10-1).

Las venas del *conducto deferente* se comportan de dos maneras. Las de la porción extrapélvica drenan, en gran parte, en el **plexo pampiniforme**, y las de la porción in-

trapélvica lo hacen en el **plexo venoso vesical**, del cual salen las venas vesicales hacia la vena ilíaca interna.

Las venas del *conducto eyaculador* acaban en el plexo prostático.

Linfáticos (Figs. 15-88 y 15-89). Los vasos linfáticos del *testículo* y del *epidídimo* ascienden junto al plexo pampiniforme y alcanzan los **ganglios ilíacos** y los **ganglios lumbares**.

Los linfáticos del *deferente* drenan en los **ganglios ilíacos externos** e **internos**.

Inervación del testículo y de las vías espermáticas

El *testículo* y el *epidídimo* están inervados por el **plexo espermático**, una ramificación del plexo aórtico (Fig. 19-6). Este plexo lleva fibras simpáticas posganglionares procedentes de los ganglios celíacos destinadas a la musculatura lisa de los vasos y, en el caso del conducto epididimario, también la musculatura lisa de la pared. Es posible que inerven las fibras lisas de la albugínea y la vasculosa testicular. Las fibras preganglionares proceden de los segmentos T10-L1 del núcleo simpático medular. Por estos plexos discurren también fibras aferentes sensitivas, especialmente del dolor; tienen el cuerpo neuronal en el ganglio raquídeo T10.

> El testículo es extremadamente sensible al dolor. Los golpes en las gónadas pueden poner en marcha un reflejo que se manifiesta por un colapso circulatorio.

El *conducto deferente* está muy ricamente inervado por el **plexo deferencial**, el cual procede del plexo hipogástrico inferior y rodea el conducto (Fig. 19-8). Contiene fibras simpáticas y parasimpáticas. Las fibras simpáticas posganglionares se originan en los ganglios pélvicos del plexo hipogástrico; las fibras preganglionares vienen por los nervios esplácnicos lumbares procedentes de los segmentos L1-L3 del núcleo simpático medular. Inervan la fibra muscular lisa que se contrae durante la eyaculación.

Las fibras parasimpáticas proceden del parasimpático sacro y por los nervios esplácnicos pélvicos alcanzan, sin establecer sinapsis, el plexo pélvico, de donde salen ramos viscerales directos a la pared del conducto; allí hacen sinapsis sobre neuronas posganglionares, las cuales podrían ser responsables de la actividad secretora del epitelio.

GLÁNDULAS ANEXAS

Asociadas a las vías espermáticas y a la uretra, hay glándulas macroscópicas que producen el líquido seminal. Este

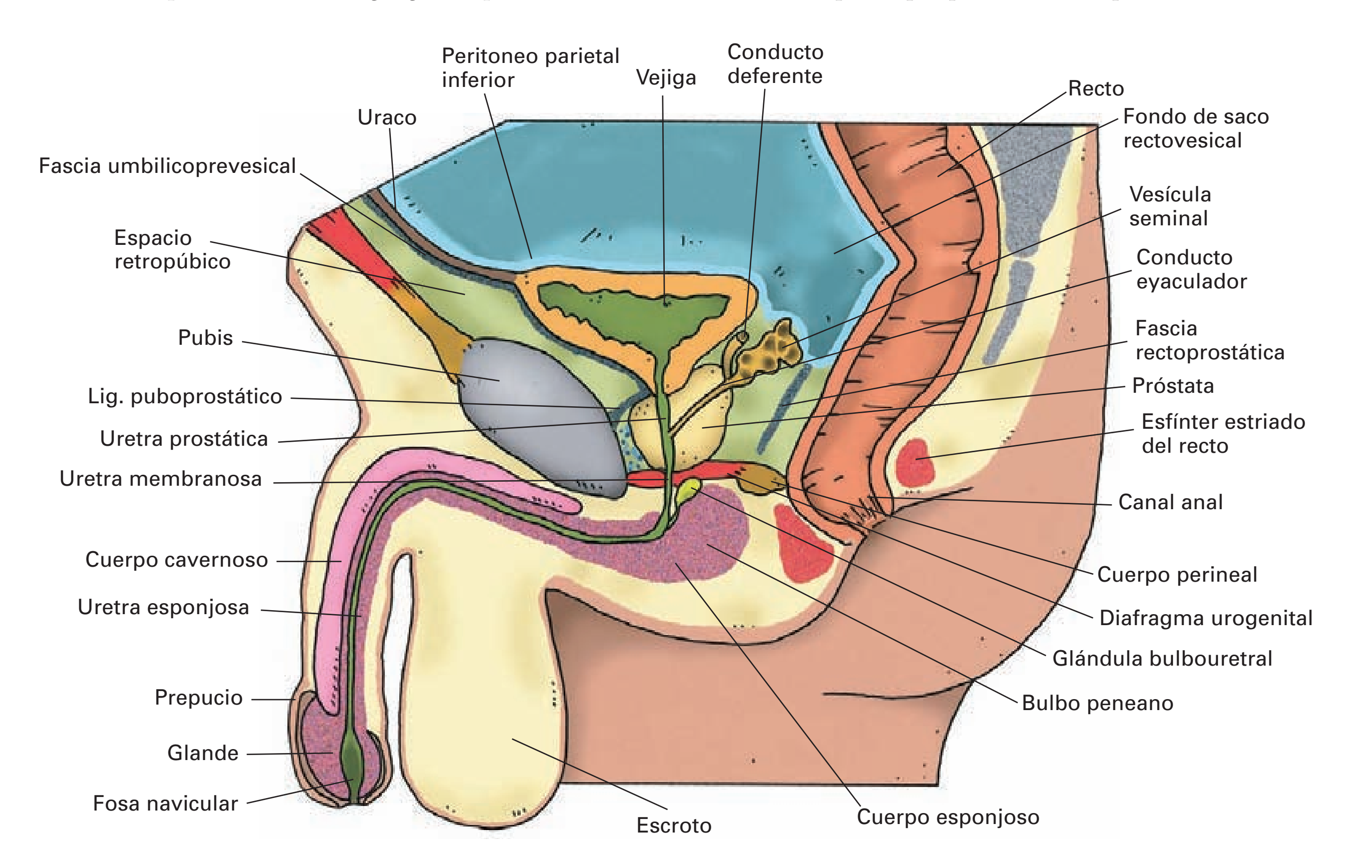


Figura 11-6. Sección sagital de la pelvis masculina.

líquido, el semen, es indispensable para el transporte de los espermatozoides durante la eyaculación.

Las glándulas son las **vesículas seminales**, la **próstata** y las **glándulas bulbouretrales**.

VESÍCULAS SEMINALES
(Figs. 11-6, 11-7 y 11-8)

Las **vesículas seminales**[10] son dos glándulas, derecha e izquierda, que producen la mayor parte del volumen de semen que se eyacula y cuya secreción es imprescindible para el transporte y, posiblemente, la maduración de los espermatozoides.

Situación

Estas glándulas ocupan el **espacio infraperitoneal**. Se disponen inmediatamente por detrás del fondo de la vejiga, laterales y paralelas a las ampollas del conducto deferente, por encima de la próstata, por debajo del peritoneo del fondo de saco de Douglas, y por delante del recto, del que están separadas por la fascia rectovesical.

> Durante un tacto rectal es posible palpar las vesículas seminales, y puede incluso exprimirse una pequeña cantidad de secreción.

Forma

Cada vesícula tiene una forma piriforme con el fondo hacia arriba. En realidad, es un tubo alargado y muy plegado impregnado de tejido fibromuscular; si se diseca el tubo eliminando el tejido conectivo, la vesícula aparece como un tubo sinuoso de unos 15 cm de longitud. Por su extremo inferior se estrecha en el **conducto excretor**, el cual se une a la terminación del conducto deferente para formar, como ya sabemos, el conducto eyaculador.

Relaciones topográficas (véase espacio Infraperitoneal)

Estructura

Como las vesículas seminales se desarrollan a partir de un divertículo del primitivo conducto deferente (*conducto de Wolff*), la estructura es muy similar a la de la ampolla del deferente. Se trata de un tubo constituido por tres capas.

La *túnica externa* es una adventicia conectiva que está en continuidad con el magma conectivo que conecta entre sí las flexuosidades del tubo y da consistencia a la glándula. Contiene numerosos vasos y nervios.

La *túnica media* está formada por musculatura lisa organizada en un *estrato circular interno* y otro *longitudinal externo*. Esta musculatura se contrae durante la eyaculación para expulsar el líquido producido en la mucosa.

La *túnica mucosa* aparece muy plegada, dando la imagen de un panal de abejas. Está formada por un *epitelio cilíndrico pseudoestratificado* rodeado de una *lámina propia*. En el epitelio hay **células secretoras** y **células basales** precursoras de las primeras. Las células secretoras producen un líquido mucoso y de tono amarillento, rico en fructosa, ácido cítrico, prostaglandinas, fibrinógeno y flavinas.

> La fructosa suministra la energía necesaria para la motilidad de los espermatozoides. Las prostaglandinas parecen estimular la motilidad de las células sexuales del varón y provocar contracciones del aparato genital femenino facilitadoras de la fecundación, una vez que el semen ha sido eyaculado. Las flavinas son un pigmento amarillo de interés en Medicina Forense pues es fluorescente con la luz ultravioleta y permite detectar manchas de semen.

PRÓSTATA

La próstata es la glándula que rodea la porción inicial de la uretra, a la que vierte su secreción. Está constituida por las glándulas prostáticas empotradas en una densa red fibromuscular. Las glándulas producen el 20 % del volumen seminal que se exprime por la contracción de la fibra lisa durante la emisión de semen.

> La próstata tiene una gran importancia clínica, pues, a partir de la edad media de la vida, experimenta cambios involutivos que pueden originar una hipertrofia de la glándula o un cáncer. El cáncer de próstata es una de las principales causas de muerte por cáncer en los varones.

Situación (Figs. 11-6; 11-9)

Se sitúa en la parte inferior del **espacio infraperitoneal**, encerrada en una celda de tejido conectivo denominada *compartimiento prostático*, el cual está constituido por láminas conectivas dependientes de las fascias pélvicas. Es a través de este estuche, como la próstata establece las relaciones con las estructuras vecinas.

Digamos aquí que la próstata se dispone inmediatamente por debajo de la vejiga, a la que se adhiere íntimamente, por delante del recto, por detrás de la sínfisis del pubis y por encima del diafragma urogenital.

Forma

La próstata se ha comparado clásicamente a una castaña, tanto en su forma como en su tamaño. Se describe como

[10] Antes se pensaba que era un reservorio de espermatozoides; de ahí su nombre.

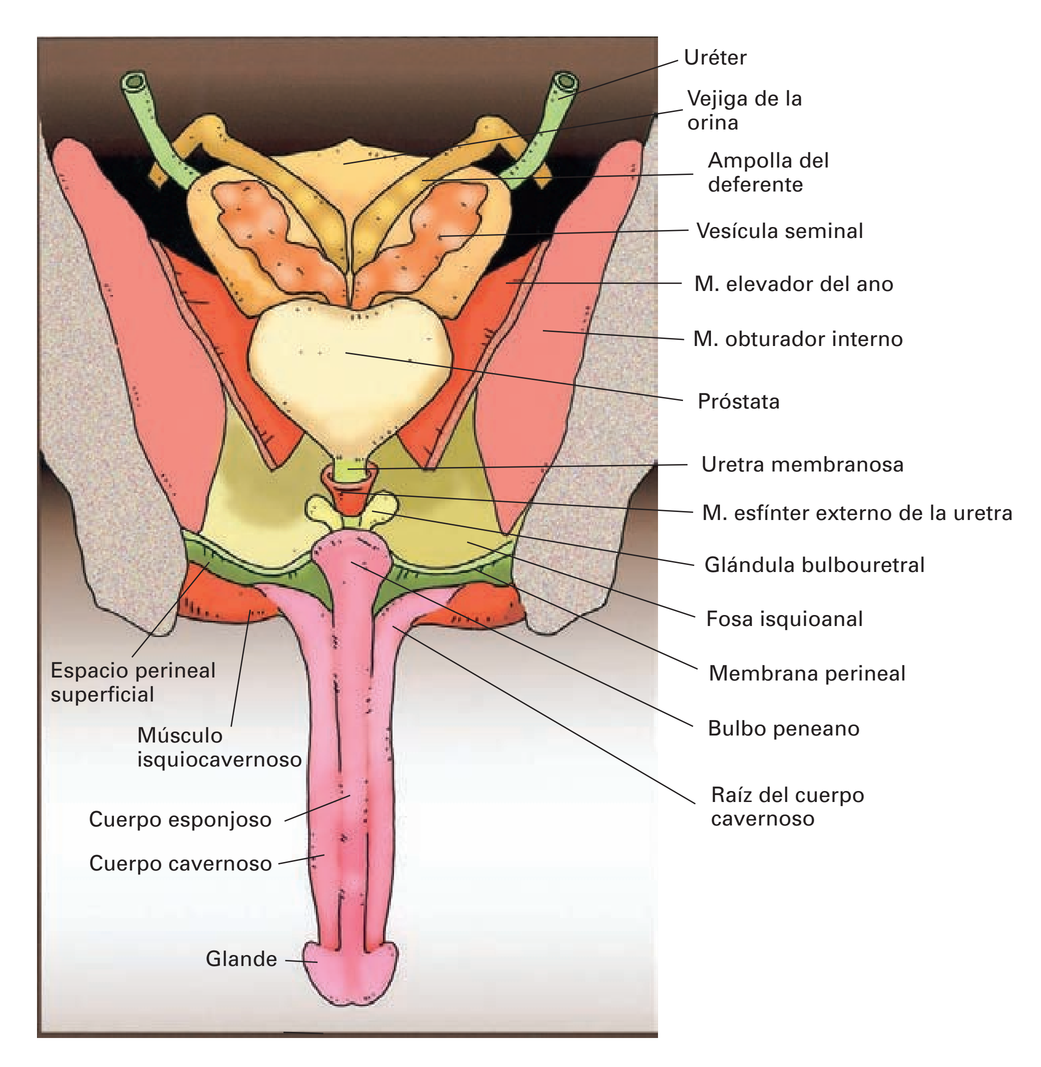


Figura 11-7. Visión posterior de un corte frontal esquemático de la pelvis y del periné masculino.

un cono con una base, un vértice y cuatro caras: anterior, posterior y dos laterales (Figs. 11-6 y 11-7).

La **base** de la próstata está orientada hacia la vejiga y en contacto con ella; está atravesada por la uretra rodeada por el esfínter liso. En la parte posterior hay un surco más o menos marcado, por donde penetran los conductos eyaculadores y reposan las vesículas seminales.

El **vértice** está atravesado por la salida de la uretra y contacta con el diafragma urogenital.

La **cara posterior** tiene la forma de un corazón de naipes franceses con la punta hacia abajo. Es aplanada y con frecuencia puede percibirse un surco medio que la divide en lóbulo derecho e izquierdo (véase más adelante). Esta cara está en relación con el recto y es la que puede palpar el médico mediante el tacto rectal.

La exploración rectal debe hacerse con cuidado para evitar la posible molestia que la presión puede provocar sobre una próstata afectada. Al tacto, la próstata presenta una consistencia firme y elástica «como la de la eminencia tenar». En caso de cáncer, la próstata se hace muy dura y puede palparse como una masa nodular.

Las **caras inferolaterales** son convexas e inclinadas hacia abajo.

La **cara anterior**, redondeada, está orientada hacia la sínfisis del pubis y resulta de la unión por delante de la uretra de las dos caras inferolaterales.

Relaciones topográficas (véase compartimiento prostático del espacio Infraperitoneal)

Estructura

La próstata está formada por unas 40 ó 50 *glándulas tubuloalveolares*, fuertemente unidas por una red de fibras musculares lisas y tejido conectivo rico en fibras elásticas (estroma). Una fina cápsula conectiva rodea la glándula y

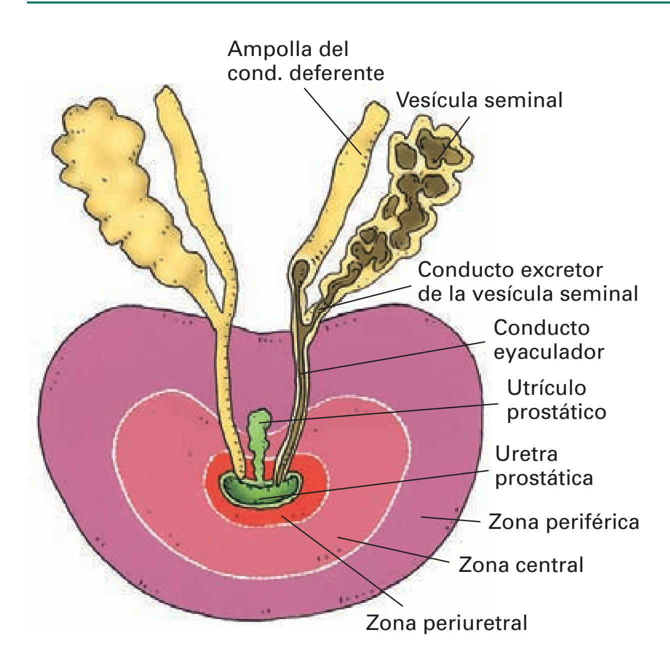


Figura 11-8. Proyección de las vesículas seminales, los conductos deferentes y eyaculadores sobre una sección transversal de la próstata para mostrar las tres zonas glandulares.

está en continuidad con el estroma mioelástico. Esta cápsula no debe confundirse con las láminas conectivas que forman la celda prostática. La estructura de la glándula se comprende bien si se tiene en cuenta que la próstata se forma en el embrión por evaginaciones del epitelio uretral en el espesor de la musculatura uretral.

Las glándulas se vacían por unos veinte **conductos excretores** independientes, que terminan abriéndose en la pared posterior de la uretra prostática a los lados del colículo seminal.

La próstata, además, está atravesada por importantes estructuras: la uretra prostática, los conductos eyaculadores y el utrículo prostático **(Fig. 11-8)**. Este último es un tubo en forma de fondo de saco que nace en el centro del colículo seminal y se dirige hacia atrás entre los conductos eyaculadores; es un resto embriológico del conducto paramesonefrótico.

La pared de las glándulas está revestida por un epitelio pseudoestratificado con células cúbicas o cilíndricas **secretoras** y **células basales** precursoras de las primeras. Una *lámina propia* le separa del estroma. En la luz de las glándulas se observan depósitos de amiloide, un tipo de glucoproteína.

Las células secretoras producen una parte importante del semen. La secreción es un líquido poco denso, lechoso, que contiene ácido cítrico, fosfatasa ácida, antígeno específico de la próstata (PSA) y una gran cantidad de cinc. El PSA es una glucoproteína que contribuye a impedir la solidificación del esperma. Las concentraciones de PSA en el plasma son un fiel marcador de la presencia de un cáncer de próstata.

El *estroma mioelástico*, muy abundante, se entremezcla con las glándulas. Las fibras musculares lisas se concentran formando un estrato periférico bajo la cápsula y otro profundo alrededor de la uretra. Durante la eyaculación, la contracción de la fibra lisa permite la expulsión rápida del semen.

División de la próstata

La glándula puede dividirse en lóbulos y en zonas.

Lóbulos prostáticos. Las estructuras que atraviesan la próstata la dividen anatómicamente en cuatro lóbulos: medio, laterales e istmo. El **lóbulo medio** es la porción que queda por detrás de la uretra y por encima de los conductos eyaculadores. Los **lóbulos laterales, derecho e izquierdo**, quedan a los lados de la uretra y por debajo de los eyaculadores. Estos lóbulos se unen por delante de la uretra formando el **istmo** prostático, muy pobre en tejido glandular.

Zonas prostáticas (Fig. 11-8). En clínica tiene mayor interés la división de la glándula en tres zonas concéntricas. La **zona periuretral** contiene glándulas mucosas y sólo se encuentra en la parte superior, bajo el cuello vesical. La **zona central** o **de transición** contiene glándulas submucosas. La **zona periférica**, más gruesa, está formada por grandes glándulas.

En la zona de transición se produce la hiperplasia benigna de próstata (HPB). En la zona periférica suele aparecer el carcinoma.

Cambios con la edad

La próstata es pequeña e inactiva hasta la pubertad. A partir de ese momento, bajo el efecto de la testosterona se producen cambios que alcanzan su culminación hacia los veinte años. Las glándulas se desarrollan y ramifican, y el estroma prolifera. La glándula se mantiene estable hasta los 45 ó 50 años, edad a partir de la cual, posiblemente por la progresiva disminución de la testosterona, comienza un período de involución que conduce a la atrofia, la cápsula se engruesa y aumenta el depósito de amiloide en las glándulas; puedes aparecer calcificaciones. Es también a partir de esa edad cuando, por mecanismos no del todo comprendidos, aparecen los trastornos prostáticos más comunes: la hiperplasia benigna o el cáncer.

La **hiperplasia benigna de próstata (HPB)** es un trastorno típico de los ancianos. La padece el 75 % de los varones mayores de 60 años y el 90 % de los mayores de 80 años. Es pues, una consecuencia de la edad. El crecimiento puede ser difuso o en forma de un nódulo benigno (adenoma); asienta en la zona de transi-

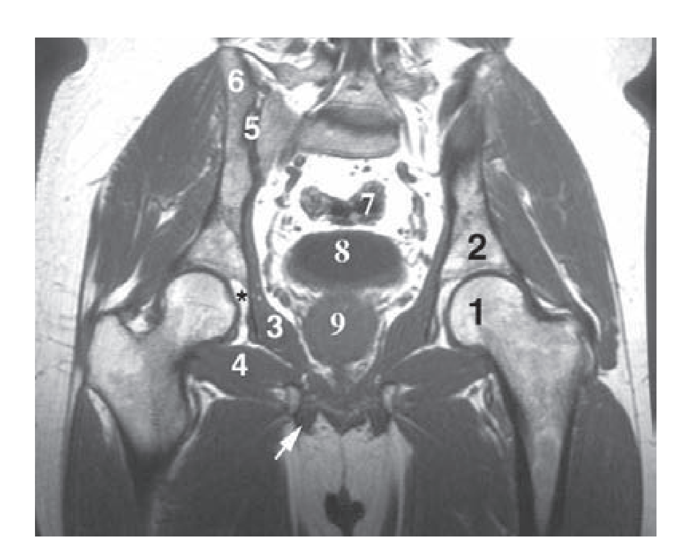


Figura 11-9. RM coronal de la pelvis masculina. 1) Cabeza del fémur. 2) Ilíaco. 3) Músculo obturador interno. 4) Músculo obturador externo. 5) Articulación sacroilíaca. 6) Cresta ilíaca. 7) Colon sigmoide. 8) Vejiga de la orina. 9) Próstata. Raíz del cuerpo cavernoso (flecha). Fosa acetabular (asterisco).

ción y tiende a comprimir la uretra provocando trastornos de micción de distinto grado y naturaleza. Puede suceder en cualquier lóbulo, pero es frecuente en el lóbulo medio; en este caso, la próstata empuja la región del trígono vesical y altera el esfínter. Pueden sobrevenir nicturia (el paciente se despierta para orinar por la noche), polaquiuria (micciones frecuentes) y disuria (molestias al orinar). Si la vejiga no se vacía completamente, surgen problemas añadidos de infección vesical (cistitis) o de las vías urinarias superiores por propagación a través del uréter (pielonefritis). La HBP no se observa en varones castrados, por lo que parece originarse por la actividad de la testosterona. Es probable que los andrógenos estimulen la producción de varios factores de crecimiento que generan las células glandulares, los cuales inhibirían la muerte celular programada de las células que conduciría a la atrofia.

El **cáncer de próstata** está asociado al proceso de envejecimiento. Es una de las causas principales de muerte por cáncer en los varones. Suele originarse en la zona periférica de la glándula. La mayoría puede reconocerse, por tacto rectal, como un nódulo duro en la cara posterior de la próstata. Tiende a producir metástasis en la columna vertebral debido a las conexiones entre los plexos venosos prostáticos y los plexos vertebrales mediante las venas ilíacas y lumbares. Los andrógenos estimulan el crecimiento del cáncer, por lo que, en ocasiones, está indicado, junto con la prostatectomía (extirpación de la próstata), realizar una orquitectomía (castración) o emplear medicamentos antiandrogénicos.

Biopsia. Se puede obtener tejido prostático mediante punción con un trócar fino por vía transrectal.

La prostatectomía transuretral es un método muy empleado en la actualidad para extirpar la glándula. Se introduce por la uretra un resectoscopio y, a través de la uretra prostática, se reseca el tumor trozo a trozo.

La **prostatectomía suprapúbica** se realiza en casos en que se requiere una mayor resección o tener una mejor visión de la extensión del proceso. Se hace una incisión en el hipogastrio y se entra en el espacio infraperitoneal por delante.

GLÁNDULAS BULBOURETRALES

Las **glándulas bulbouretrales** (*glándulas de Cowper*)[11] son dos glándulas pequeñas y redondeadas del tamaño aproximado de un guisante. En numerosos mamíferos son muy grandes y secretan gran cantidad de líquido. En el hombre tienen una dudosa importancia; su tamaño disminuye con la edad.

Están situadas a los lados de la uretra membranosa, en el espesor del esfínter externo de la uretra y de la fascia perineal media (Figs. 11-6 y 11-7).

Vierten su secreción mediante un conducto excretor de 3 ó 4 cm de longitud (**conducto excretor de las glándulas bulbouretrales**), que discurre primero en el espesor del esfínter, luego perfora la fascia inferior del diafragma urogenital y desemboca por un diminuto orificio en el fondo de saco bulbar de la uretra.

Estructura

Está formada por un conjunto de *glándulas de tipo tubuloalveolar*, inmerso en un magma conectivo con algunas fibras musculares lisas. El epitelio es cilíndrico y contiene células secretoras que producen un líquido claro de naturaleza lubricante para la uretra.

Vascularización de las glándulas anexas

Próstata

Arterias. La próstata recibe **ramas prostáticas** de la **arteria vesical inferior**, los cuales se anastomosan muy frecuentemente con ramas de la **rectal media**.

Venas. Las venas son voluminosas y de pared fina. Drenan en el **plexo prostático** y en el **plexo vesical inferior**, del que parten las venas vesicales a la vena ilíaca interna.

El plexo prostático rodea la glándula por fuera de la cápsula, encerrado en la celda prostática; es muy abundante entre el pubis y la próstata. El plexo prostático recibe la vena dorsal profunda del pene. Debe señalarse que este plexo comunica con los plexos perivertebrales.

[11] William Cowper, anatomista inglés, describió estas glándulas en 1782.

Linfáticos. Los vasos linfáticos de la próstata drenan principalmente en los **ganglios ilíacos internos** y **comunes**; algunos vasos van a los **ganglios ilíacos externos** y a los **ganglios sacros.**

Vesículas seminales

Arterias. Por ramas de la **arteria vesical inferior**, la arteria del conducto deferente y la **rectal media**.

Venas. Las venas drenan en el **plexo vesical**.

Linfáticos. Los linfáticos drenan en los **ganglios inguinales externos** e **internos** (Fig. 15-120).

Glándulas bulbouretrales

Están irrigadas por la **arteria del bulbo del pene**, rama de la pudenda interna. La sangre venosa es recogida por el **plexo prostático** y la **vena pudenda interna**. Los linfáticos drenan en los **ganglios ilíacos internos**.

Inervación de las glándulas anexas

La próstata, las vesículas seminales y las glándulas bulbouretrales reciben fibras procedentes del **plexo prostático**, (Fig. 19-8) el cual conduce fibras simpáticas posganglionares y fibras parasimpáticas preganglionares. Las fibras simpáticas salen del plexo pélvico, al que han llegado fibras preganglionares por los nervios esplácnicos lumbares procedentes de los segmentos T12 a L2 o L3 del núcleo simpático medular. Producen la contracción de la fibra lisa de estas glándulas durante la emisión y eyaculación del semen, así como un efecto vasoconstrictor.

Las fibras parasimpáticas preganglionares se originan en el núcleo parasimpático sacro; por los nervios esplácnicos pélvicos llegan al plexo pélvico, atravesándole sin establecer sinapsis, y salen del mismo mediante ramas que se incorporan al plexo prostático para alcanzar las paredes de las glándulas donde establecen sinapsis con neuronas posganglionares, cuyas cortas fibras ejercen un papel secretor y, posiblemente, vasodilatador.

Las vesículas seminales reciben también fibras procedentes del plexo vesical.

GENITALES EXTERNOS

ESCROTO

El **escroto** o *bolsa escrotal* es la cubierta del testículo, el epidídimo y la parte inferior del cordón espermático (Figs. 11-10 y 11-11).

Se encuentra situado bajo la raíz del pene en la región perineal anterior. El escroto está constituido por dos bolsas o compartimientos separados por un tabique sagital, el **tabique escrotal**. La bolsa izquierda desciende algo más que la derecha dado que contiene el testículo izquierdo. Un surco, el **rafe escrotal**, señala en la superficie la posición del tabique divisor; el rafe es la huella de la fusión de los pliegues genitales del embrión y se continúa hacia delante por debajo del pene y hacia atrás formando el rafe perineal en dirección al ano.

Cubiertas

Al tratarse de un saco de envoltura, la pared del escroto está constituida por una serie de capas que representan evaginaciones de la pared abdominal. Ello se debe a que durante el descenso del testículo éste arrastra consigo las paredes abdominales y permanece unido a ellas mediante el cordón espermático.

De la superficie a la profundidad se disponen las siguientes capas: **piel, fascia superficial, fascia espermática externa, fascia cremastérica, fascia espermática interna** y **túnica vaginal** (Figs. 11-10 y 11-11).

La **piel** es fina y muy extensible, pigmentada con un color más oscuro que el resto del cuerpo. Del rafe medio parten surcos transversales que representan adherencias de la piel al dartos subyacente (véase más adelante).

Contiene pelos rígidos característicos, glándulas sudoríparas y glándulas sebáceas productoras de una secreción muy característica (el olfato de los perros es muy sensible a esta secreción, y les sirve como medio de reconocimiento de las personas).

En caso de dilatación de las venas del cordón **(varicocele**), la distensibilidad de la piel escrotal hace que éstas sobresalgan mucho en las bolsas.

La **fascia superficial** está en continuidad con la aponeurosis superficial del abdomen. Es una capa de tejido areolar muy laxo, carente de grasa, por la que discurren vasos y nervios superficiales y que contiene numerosas fibras musculares lisas entrelazadas denominadas **dartos**. En el rafe, la fascia junto con el dartos penetran en profundidad y forman el tabique escrotal. De este modo, se divide el escroto en dos bolsas; únicamente la piel es la envoltura común a las dos. Hacia delante la fascia se continua con la fascia superficial y el dartos peneano, hacia atrás se continúa con el dartos perineal, y a los lados se inserta en las ramas isquiopúbicas, lo cual fija las bolsas a la pelvis y las independiza del muslo.

El dartos se adhiere a la piel y se contrae de manera refleja por acción del frío o del ejercicio, y se relaja por acción del calor.

Como el dartos está fijado a la piel, las bolsas cambian de aspecto y pueden aparecer arrugadas y encogidas o bien lisas y colgantes. En personas ancianas el dartos pier-

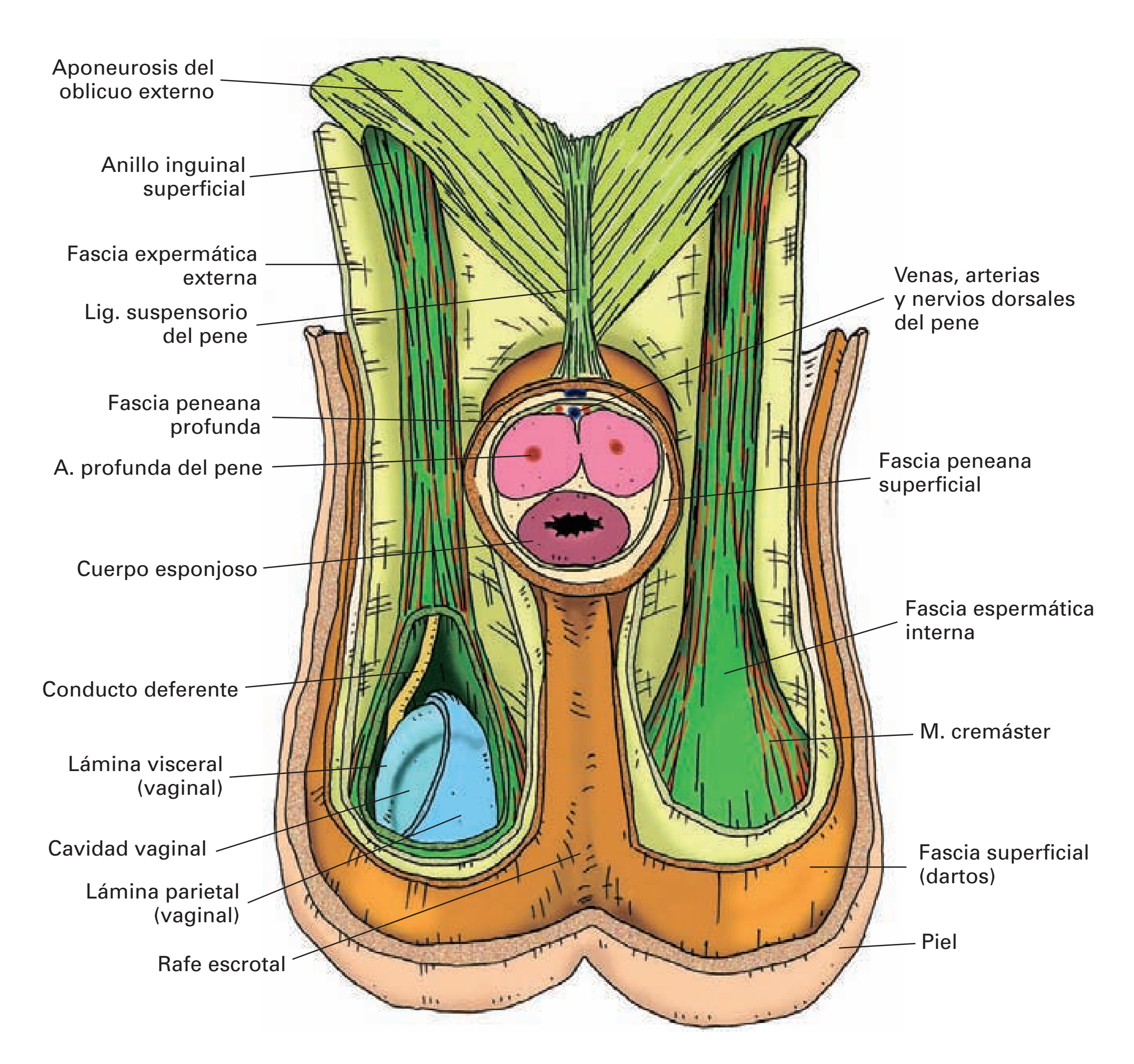


Figura 11-10. Visión anterior de las regiones escrotal y púbica para mostrar las cubiertas del escroto y del cordón espermático. El cuerpo del pene ha sido seccionado transversalmente. En el lado izquierdo se han conservado íntegramente las fascias cremastérica y espermática interna. En el lado derecho se han abierto para mostrar la capa vaginal. Los elementos vasculares y nerviosos del cordón espermático no han sido representados.

de capacidad contráctil. Esta función es esencial para regular la temperatura adecuada para la espermatogénesis dentro del escroto (unos 3 °C menos que en el abdomen). El dartos actuaría constriñendo o relajando los vasos sanguíneos que discurren por la fascia y por la piel.

> Esta capa puede ser asiento de hematomas en caso de traumatismos sobre el escroto; debido a su disposición, la colección sanguinolenta se puede extender hacia la pared abdominal, el pene y el periné, pero nunca hacia los muslos.

La **fascia espermática externa** es la continuación de la aponeurosis del músculo oblicuo externo del abdomen que se prolonga desde los pilares del anillo inguinal superficial.

La **fascia cremastérica** está formada por el músculo cremáster y su envoltura conectiva. El **músculo cremáster**[12] es un conjunto de fibras estriadas procedentes de los músculos oblicuo menor y transverso del abdomen a nivel del conducto inguinal. Con frecuencia, consta de un fascículo externo y otro interno, según su relación con el cordón espermático. El *haz externo* puede originarse, también, en la parte media del ligamento inguinal. El *haz interno*, que puede faltar, se origina del tendón conjunto y de la espina del pubis. Las fibras acompañan al cordón espermático y, al llegar al escroto, se abren en abanico formando asas que abrazan el testículo de forma incompleta.

Acción: el cremáster se contrae de manera refleja provocando el ascenso del testículo en el interior del escroto; por su contracción tónica mantiene el testículo en posición. Esta acción, junto con el dartos, es un mecanismo de

[12] Cremáster: del griego *kremaster* = sostener.

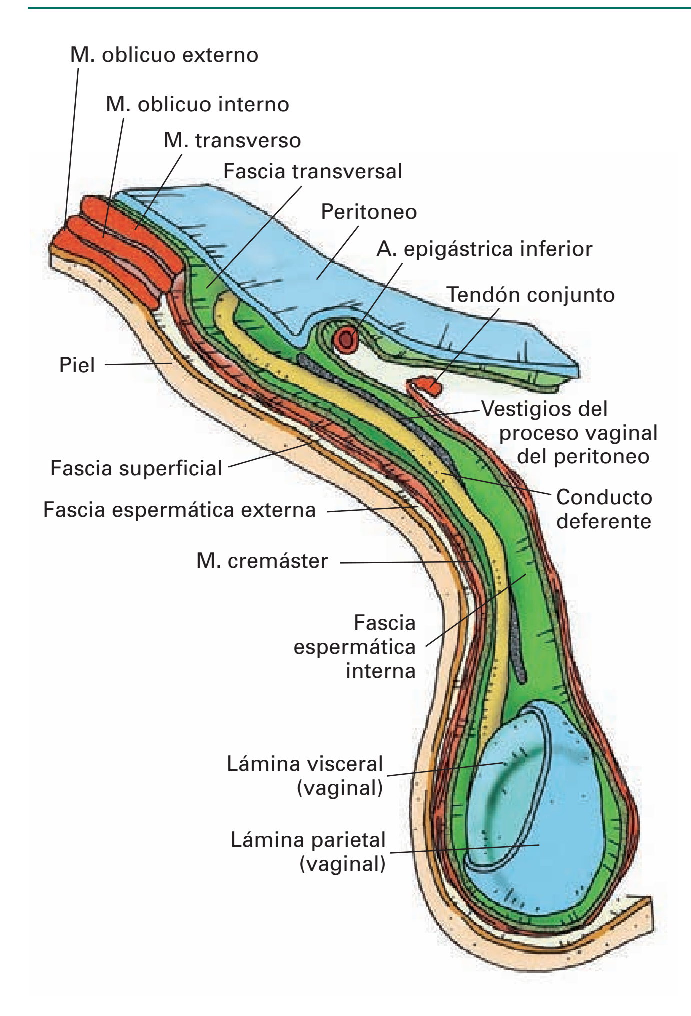


Figura 11-11. Representación esquemática de un corte longitudinal del cordón espemático y la bolsa escrotal derecha. La lámina parietal de la túnica vaginal ha sido parcialmente abierta.

termorregulación. Cuando desciende la temperatura, la contracción del músculo acerca el testículo hacia la pared abdominal contribuyendo a elevar la temperatura.

Reflejo cremastérico: la estimulación ligera de la piel de la parte alta de la cara interna del muslo provoca el ascenso del testículo; este reflejo es más activo en la infancia.

Inervación: rama genital del nervio genitofemoral.

La **fascia espermática interna** es la prolongación de la fascia transversal, que se invagina en el anillo inguinal profundo rodeando el cordón espermático y luego el testículo para formarles un saco completo.

La **túnica vaginal** es una serosa derivada del peritoneo. Envuelve como una funda el testículo, el epidídimo y el origen del cordón espermático. Representa el extremo inferior del **proceso vaginal del peritoneo**, el cual, una vez descendido el testículo, se aísla del mismo por obliteración. Como toda serosa, consta de una lámina parietal y otra visceral, delimitando entre ellas una cavidad. Al igual que sucede con el peritoneo, la vaginal puede compararse a un saco invaginado desde atrás por el testículo y el epidídimo; la hoja acoplada a los órganos es la visceral.

La **lámina parietal** sigue la superficie profunda de la fascia espermática interna (del mismo modo que el peritoneo se adhiere a la fascia transversal). Una delgadísima capa de *tejido celular subvaginal* permite aislar las dos capas.

La **lámina visceral** se adhiere a las albugíneas testicular y epididimaria, excepto en las zonas de unión del testículo al epidídimo a lo largo del borde posterior testicular y de la cara medial del epidídimo. El testículo se une a la cabeza y a la cola del epidídimo; en estos puntos, la vaginal presenta un repliegue recubierto de tejido fibroso, que corresponde a los ligamentos epididimarios superior e inferior, respectivamente. La zona del borde posterior relacionada con el cuerpo del epidídimo sí está revestida por la hoja visceral. Se forma a ese nivel un divertículo de la cavidad vaginal denominado **seno del epidídimo**.

La **cavidad vaginal** delimitada entre las dos láminas es un espacio virtual con una cantidad muy reducida de líquido que lubrifica la cavidad y facilita los movimientos del testículo en el escroto.

Hidrocele. Es un derrame de líquido en el interior de la vaginal. El médico tiene dificultad para palpar el testículo y el epidídimo. Si hay persistencia del conducto vaginal, aparece en el niño el **hidrocele comunicante**, que se llena y se vacía con diversas posiciones.

Hematocele: presencia de sangre en la vaginal debido a traumatismos sobre el escroto.

Para eliminar los derrames vaginales se practica la **hidrocelectomía**. Mediante una incisión vertical del escroto, se abren sucesivamente las cubiertas y se diseca el saco vaginal, el cual, finalmente, se abre y se drena. En ocasiones, hay que resecar la lámina parietal de la vaginal; en estos casos, el tejido celular subvaginal sirve de plano de clivaje para dejar intacta la capa espermática interna.

Cordón espermático

El **cordón espermático** es el pedículo del cual están suspendidos el testículo y el epidídimo en el interior de las bolsas escrotales (Figs. 11-1, 11-10 y 11-11).

Se extiende desde el anillo inguinal profundo al borde posterior del testículo. Recorre primero el conducto inguinal (*porción inguinal*) y luego, por delante del pubis penetra en el escroto (*porción escrotal*).

Está constituido por todos los elementos que llegan o salen del testículo y del epidídimo: **conducto deferente, arterias testicular, cremastérica y deferencial, plexo venoso pampiniforme, plexos nerviosos espermático y deferencial, y vasos linfáticos**.

Se encuentra revestido, debido al descenso del testículo, por todas aquellas capas que derivan de la pared abdomi-

nal. De este modo, el cordón está revestido en el trayecto inguinal por la **fascia espermática interna** y la **fascia cremastérica**; a partir del anillo inguinal superficial se añaden las cubiertas de la **fascia espermática externa** y la **fascia superficial** (sin dartos). Por esta razón, debe recordarse que las hernias inguinales indirectas están revestidas por las túnicas del cordón.

En el interior del cordón, generalmente por delante del conducto deferente, pueden existir restos fibrosos del conducto peritoneo vaginal del feto, que corresponden al **vestigio del proceso vaginal** o *ligamento de Cloquet*[13].

Torsión del testículo. La torsión del testículo es una urgencia médica que se produce secundariamente a la torsión del cordón espermático; ésta, se origina por un traumatismo o un movimiento violento. El testículo gira varias veces de forma característica, el epidídimo suele colocarse por delante. Se produce una estrangulación del pedículo vascular que deja sin riego al testículo y al epidídimo con intenso dolor y riesgo de gangrena. Hay edema escrotal por estasis venoso.

Vascularización

Arterias. El escroto está irrigado por las **arterias pudendas externas**, ramas de la femoral, la **arteria pudenda interna** y la **arteria epigástrica inferior**.

Las arterias pudendas externas dan **ramos escrotales anteriores**, la pudenda interna emite **ramos escrotales posteriores**. Estos vasos forman un rico plexo vascular bajo la piel del escroto. Las *anastomosis arteriovenosas* son gruesas y abundantes.

La epigástrica inferior da la **arteria cremastérica**, la cual irriga las envolturas profundas del escroto.

Venas. La sangre drena por las **venas pudendas externas** en la femoral y por las **venas escrotales posteriores** en la pudenda interna. Las capas profundas del escroto drenan también en el **plexo pampiniforme**.

Linfáticos. La linfa drena enteramente en los **ganglios inguinales superficiales**.

Inervación

El escroto está inervado por ramas del plexo lumbar (mitad anterior y músculo cremáster) y del plexo sacro (mitad posterior).

Del plexo lumbar mediante las **ramas escrotales anteriores** del nervio ilioinguinal y por la **rama genital del genitofemoral** (Figs. 17-28; 17-29).

Del plexo sacro mediante los **ramos escrotales posteriores** procedentes del plexo pudendo.

[13] Jules Cloquet (1790-1883), anatomista y cirujano francés; profesor de la Universidad de París.

La lesión de los nervios ilioinguinal y genitofemoral a consecuencia de intervenciones quirúrgicas en la región inguinal (hernias) puede provocar neuralgias escrotales.

PENE

El **pene**[14] es el órgano de la copulación en el varón. Está recorrido por la uretra y constituido por tres estructuras de naturaleza eréctil y de aspecto cilíndrico, el **cuerpo esponjoso** y los dos **cuerpos cavernosos**. Estas formaciones eréctiles permiten que el pene se llene de sangre y aumente de tamaño para poder ser introducido en la vagina de la mujer y depositar el líquido seminal (eyaculación). Es también el lugar de salida de la orina.

Situación

El pene está situado inmediatamente por encima y por delante del escroto; su raíz ocupa el plano superficial de la región perineal anterior.

Forma

El pene se divide en tres partes: **raíz**, **cuerpo** y extremo distal o **glande**. El cuerpo y el glande constituyen la porción libre y móvil del pene (Figs. 11-6 y 11-7).

En estado de reposo el pene es flácido y blando y cuelga por delante del escroto. En estado de erección se torna duro y rígido y asciende por delante del abdomen.

Raíz

La porción fija del pene está anclada en el **periné anterior** y en las ramas isquiopúbicas. Está constituida por el origen de los cuerpos cavernosos, el bulbo esponjoso y ciertos músculos perineales asociados a estas estructuras.

Cada uno de los cuerpos cavernosos se origina por un **pilar** de forma cónica, con el vértice hacia atrás, que parte del periostio de las ramas isquiopúbicas. Los pilares convergen y se adosan, ensanchándose, por debajo de la sínfisis del pubis. Entre los pilares de los cuerpos cavernosos se forma un triángulo ocupado por el **bulbo del pene,** que es la dilatación posterior del cuerpo esponjoso (aumenta con la edad). El bulbo del pene está muy adherido al diafragma urogenital, especialmente a la hoja inferior de la fas-

[14] Pene, del latín *penis* = cola; término atribuido a Cicerón, que estaba ya en el lenguaje cotidiano por similitud lingüística con la cola de los animales; Cicerón sugiere el origen del término de la palabra *penicillus* = pluma.

cia perineal media. La uretra penetra en el pene por el bulbo.

Asociados a estas formaciones eréctiles se disponen los **músculos isquiocavernosos** y **bulboesponjosos**. Los isquiocavernosos envuelven parcialmente los pilares de los cuerpos cavernosos y los bulboesponjosos lo hacen sobre el bulbo del pene. Estos músculos se describen con el periné.

Cuerpo

El cuerpo del pene es cilíndrico y está formado por los dos cuerpos cavernosos y el cuerpo esponjoso (Fig. 11-10). Los cuerpos cavernosos están adosados, según expresión ya clásica, como los cañones de una escopeta de caza de doble disparo. Entre ellos se encuentra el **tabique del pene**, siempre perforado por múltiples lagunas que comunican ambos cuerpos cavernosos. Por debajo de los cuerpos cavernosos se acopla el cuerpo esponjoso, una formación eréctil de consistencia más blanda y que está recorrido por la uretra peneana.

Glande

Es la dilatación anterior del cuerpo esponjoso (Fig. 11-12). Tiene forma de cono y está cubierto, más o menos según los sujetos, por el prepucio. El tamaño y el color del glande varían durante la erección. El vértice presenta el **orificio externo de la uretra**. La base se acopla al extremo anterior cerrado de los cuerpos cavernosos y sobresale del cuerpo del pene formando un rodete denominado **corona del glande**, más prominente en la cara dorsal que en la cara inferior. Entre la corona y el cuerpo del pene se forma una constricción, el **cuello del glande** (*surco balanoprepucial*).

> El cuello del glande es uno de los asientos de predilección de lesiones venéreas como el chancro sifilítico o el chancro blando.
>
> El **chancro sifilítico** es la primera lesión de la sífilis. La sífilis es una enfermedad producida por contagio sexual y causada por *Treponema pallidum*. Evoluciona en fases y puede afectar a cualquier órgano. El chancro aparece tres o cuatro semanas después del contagio en el lugar de inoculación. Los ganglios linfáticos inguinales a los que llega la linfa del pene suelen estar aumentados de tamaño, pero son indoloros. A diferencia, el **chancro blando**, producido por *Haemophilus ducreyi*, es doloroso, y los ganglios linfáticos inguinales están tumefactos y pueden incluso supurar.

Dimensiones. El pene tiene, en estado de flacidez, una longitud media de 8-9 cm y una circunferencia de 9 cm. En estado de erección, la longitud media (medida desde la sínfisis del pubis) es de 14-15 cm, y la circunferencia, de 12 cm. Según los datos del informe Kinsey[15] la distribución del tamaño del pene erecto en la población es la siguiente: 10.5 cm-12 cm (12 %); 12.5-14.5 (22 %); 15-17 (45 %); 17.5-20 (8 %); y más de 20 cm (3 %).

Estructura

El pene está constituido por los órganos eréctiles mencionados y por una serie de capas de envoltura (Fig. 11-10).

Órganos eréctiles

Los **cuerpos cavernosos** están envueltos en una gruesa capa de tejido conectivo denso, la **túnica albugínea**, la cual consta de estratos de colágeno entremezclados con fibras elásticas. La unión de los dos cuerpos cavernosos entre sí determina que las dos albugíneas se fusionen en la línea media formando el **tabique del pene**. Este tabique es más grueso en la parte inicial del cuerpo del pene y se encuentra ampliamente perforado por hendiduras que comunican ambos cuerpos cavernosos.

De la albugínea parten hacia el interior numerosas **trabéculas** conectivas muy ricas en fibras musculares lisas, las cuales delimitan innumerables espacios huecos denominados **cavernas**, revestidas de endotelio y ampliamente comunicadas. Cuando el pene está flácido, las cavernas son hendiduras estrechas con aspecto colapsado; durante la erección se llenan de sangre y se agrandan. Por el centro de cada cuerpo cavernoso discurre la arteria profunda del pene. De ella parten hacia las cavernas las **arterias helicinas**. Las cavernas más superficiales comunican con las venas.

> En algunos mamíferos, como el oso o el perro existe hueso en el interior del tabique del pene. Con el envejecimiento puede formarse algo de tejido óseo en las trabéculas conectivas (induración plástica del pene) lo que provoca una gran dificultad para la erección.

El **cuerpo esponjoso** tiene una estructura semejante a la de los cuerpos cavernosos, pero con las siguientes singularidades: la albugínea y los tabiques son más finos y más ricos en fibras elásticas y más pobres en fibras musculares lisas. Las cavernas son en realidad un rico plexo venoso; por su interior discurre la uretra. Se ha dicho que, en realmente, el cuerpo esponjoso no es sino una capa vascular hipertrofiada de la uretra. Gracias a esta estructura más delicada, la uretra no se comprime durante la erección y puede pasar el esperma.

El **glande** es como el cuerpo esponjoso, pero sin revestimiento de albugínea; está tapizado por una piel muy poco cornificada de aspecto mucoso muy rica en termina-

[15] Alfred Kinsey, biólogo norteamericano. Realizó dos informes sobre la conducta sexual del varón (1948) y de la mujer (1953).

ciones nerviosas. Alrededor de la uretra, a este nivel, la fosa navicular, hay abundante tejido fibroelástico del que parte hacia la cara inferior del glande un tabique incompleto y medial (**tabique del glande**).

Envolturas de los órganos eréctiles

El pene está envuelto por piel y por un tejido conectivo muy laxo, carente de grasa, que se condensa en dos estratos, uno bajo la piel para formar la fascia peneana superficial y otro inmediatamente en torno a los órganos eréctiles para formar la fascia peniana profunda (Figs. 11-10 y 11-12).

La **fascia peneana profunda** (*fascia de Buck)* es una envoltura delicada pero muy firme, rica en fibras elásticas, que forma una envoltura común a los cuerpos cavernosos y al cuerpo esponjoso, y encierra también los vasos y nervios dorsales del pene. Por delante, termina en el cuello del glande, fijándose a las albugíneas de los cuerpos eréctiles. Por detrás, se continúa con la fascia perineal superficial y, a nivel de la raíz del pene, con el ligamento suspensorio. Recibe las inserciones de los músculos isquiocavernosos y bulboesponjosos.

La **fascia peneana superficial** es de naturaleza elástica y muscular; por ella discurren las venas dorsales superficiales y los nervios superficiales. Las fibras musculares lisas conforman el **dartos peneano**, con capacidad contráctil similar al dartos escrotal, adaptando la piel a las variaciones de tamaño del pene. Está en continuidad con la fascia superficial del escroto, la fascia superficial del abdomen y el dartos perineal. Está unida a la piel por finos tractos conectivos de naturaleza elástica.

> Las cubiertas de los cuerpos cavernosos pueden engrosarse y fibrosarse formando **placas (enfermedad de Peyronie**). Se producen contracturas y la erección es dolorosa. La causa es desconocida.

La **piel** del pene se caracteriza por su finura y su gran movilidad. En la cara inferior se nota, más o menos, el **rafe peneano**, un vestigio de la fusión de los pliegues genitales del feto, en continuidad con el rafe escrotal. Cerca de la raíz, y sobre todo en la cara inferior, presenta algo de vello largo.

En el glande se forma un repliegue cutáneo especial denominado **prepucio** (Figs. 11-6; 11-12). Consiste en un pliegue libre y doble de piel que recubre como un manguito el glande en una extensión variable. Durante la erección se retira hacia atrás, dejando el glande al descubierto. Presenta una superficie externa en continuidad con la piel del cuerpo del pene, la cual, llegada al extremo anterior del órgano, se pliega hacia atrás formando la superficie interna del prepucio que se amolda al glande. La superficie interna se va adelgazando y a nivel del cuello del glande se continúa con la piel que tapiza a éste. La línea circular donde se produce la reflexión de la superficie externa sobre la interna delimita el **anillo** u **orificio prepucial**. El espacio virtual entre el prepucio y el glande es la *hendidura prepucial.*

Entre los dos pliegues del prepucio se introduce la fascia peniana superficial con el dartos. La piel de la superficie interna del prepucio y la del glande están muy poco cornificadas y tienen aspecto mucoso. Contiene las **glándulas prepuciales** (*glándulas de Tyson*)[16], unas glándulas sebáceas modificadas que, junto con células descamadas de la piel, forman una secreción de consistencia y olor especial denominada esmegma (del griego *smegma* = ungüento), el cual se vierte en el cuello del glande y en la hendidura prepucial.

> Si no hay una buena higiene, las secreciones pueden infectarse afectando al glande (**balanitis**) o al glande y al prepucio (**balanopositis**); generalmente se asocia a prepucio estrecho.

[16] Edward Tyson (1649-1708), médico y anatomista británico.

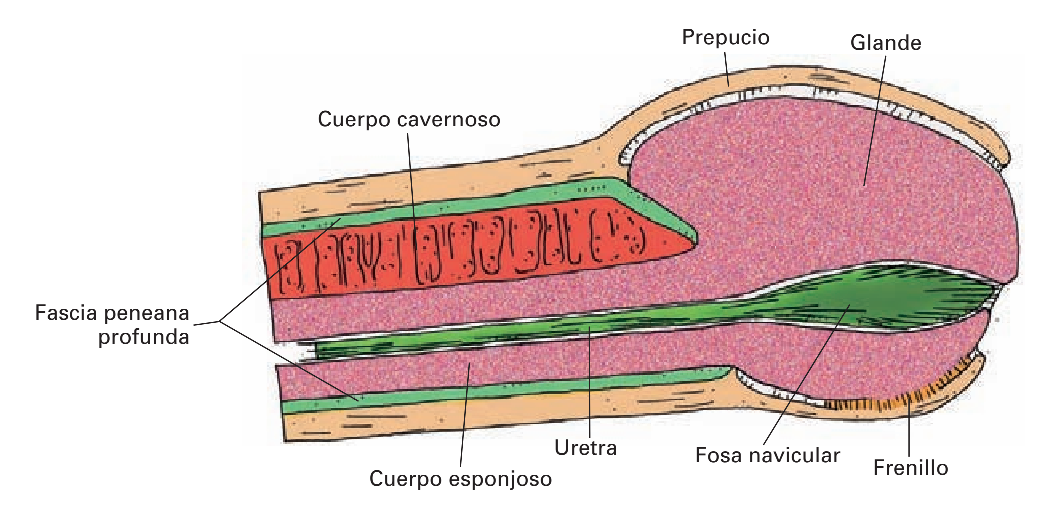


Figura 11-12. Esquema de una sección sagital del extremo distal del pene.

En la cara inferior del glande hay un pliegue medial, el **frenillo prepucial**, que lo une con la superficie interna del prepucio. En el glande se fija a una distancia variable del orificio uretral externo.

El frenillo puede ser muy corto y plantear problemas para la movilidad del prepucio, haciendo incluso que la erección sea dolorosa. En estas circunstancias, durante las primeras erecciones del niño púber, o durante el coito, puede desgarrarse provocando una hemorragia algo aparatosa por la rotura de una pequeña arteria que discurre en su interior.

Fimosis. Es la incapacidad para retirar el prepucio hacia atrás y dejar el glande al descubierto a causa de la estrechez del orificio prepucial. Una simple operación quirúrgica resuelve el problema.

Parafimosis. Es una urgencia médica; el prepucio retirado por detrás del glande durante la erección no puede retornar a su posición, estrangulando el cuello y dejando sin riego sanguíneo al glande al tiempo que se provoca un intenso dolor. Ante el riesgo de gangrena es preciso intervenir para corregir el problema.

Circuncisión. Consiste en la eliminación del prepucio. A lo largo de la historia, algunos pueblos han practicado y practican la circuncisión (judíos, pueblos semitas y africanos). Se ha interpretado como un rito iniciático o sacrificial. En los judíos es un rito religioso prescrito en el Génesis. Puede significar un sacrificio de entrega de una parte del cuerpo a la divinidad.

El pene es soportado por dos ligamentos que se continúan con sus fascias, el ligamento suspensorio y el ligamento frondiforme (Fig. 11-10).

El **ligamento suspensorio** es un haz fibroso triangular, muy resistente, que se extiende desde la sínfisis del pubis a la fascia penana profunda; circunscribe al pene en la unión entre el cuerpo y la raíz.

El **ligamento fundiforme**, más superficial, desciende desde la línea alba y la vaina del recto, contornea el pene a modo de cincha a nivel del origen del cuerpo y se fija sobre la fascia peneana superficial.

Vascularización

Arterias. El pene está irrigado por la arteria pudenda interna mediante las siguientes ramas: arteria profunda del pene, arteria dorsal del pene, arteria del bulbo peneano, arteria uretral y arteria perineal. Las arterias profunda del pene y dorsal del pene llenan de sangre los cuerpos cavernosos por lo que son esenciales para la erección.

La **arteria profunda del pene** (Fig. 11-10) discurre por el centro del cuerpo cavernoso respectivo. Va dando ramas que penetran en las trabéculas y emiten unas arteriolas terminales denominadas arterias helicinas que se abren en las cavernas. Tienen una capa muscular muy gruesa. Ambas arterias profundas están ampliamente anastomosadas.

La **arteria dorsal del pene** (Fig. 11-10) discurre sobre el cuerpo cavernoso bajo la fascia peneana profunda; va emitiendo colaterales para las estructuras superficiales del pene y también ramos que contribuyen a irrigar los órganos eréctiles. En la base del glande se anastomosa con la del otro lado para formar un anillo arterial que irriga el glande y el prepucio.

La **arteria uretral** y la **arteria del bulbo peneano** irrigan la uretra y el cuerpo esponjoso.

La **arteria perineal** vasculariza la piel de la raíz del pene y los músculos isquiocavernosos y bulboesponjosos.

Venas. La sangre venosa de pene es recogida por la vena dorsal profunda del pene, las venas profundas del pene y la vena superficial del pene.

La **vena dorsal profunda del pene**, casi siempre impar, recoge sangre del glande y de los cuerpos cavernosos. Las cavernas periféricas drenan *mediante vénulas poscavernosas* en un *plexo periférico* que se dispone bajo la albugínea. De este plexo parten venas que atraviesan oblicuamente la albugínea y desembocan en la vena dorsal profunda, la cual drena en el plexo prostático, origen de la pudenda interna. Hay que recordar que esta vena penetra en el periné por una hendidura conectiva comprendida entre los ligamentos arqueado del pubis y transverso.

Las **venas profundas del pene** recogen la sangre de las raíces de los cuerpos esponjoso y cavernoso, y desembocan en las venas pudenda interna y dorsal profunda.

Las **venas dorsales superficiales** (Fig. 11-10) del pene son dos vasos que discurren por la fascia peneana superficial, recogiendo la sangre de la piel y las cubiertas superficiales del pene. En la sínfisis del pubis se inclina hacia fuera y drena mediante las venas pudendas externas en la vena femoral, bien directamente o bien mediante la safena mayor.

En el pene, sobre todo en la zona de los cuerpos cavernosos, hay *abundantes anastomosis arteriovenosas* por donde se desvía sangre cuando el pene está en reposo.

Linfáticos (Fig. 15-120). Los vasos linfáticos del pene siguen el trayecto de las venas y desembocan en los **ganglios inguinales superficiales**. La linfa del glande y del cuerpo esponjoso puede drenar, también, en los **ganglios inguinales profundos**.

Inervación

El pene recibe fibras aferentes sensitivas, fibras vegetativas y fibras motoras.

Las *fibras sensitivas* para la piel del cuerpo y el glande discurren por el **nervio dorsal del pene**, rama del **nervio pudendo**. La piel de la raíz del pene está también inervada por **ramos perineales** del **nervio pudendo** y por ramas del **nervio ilioinguinal**. La piel del pene y, especialmente,

la del glande y la del frenillo son muy ricas en terminaciones nerviosas que dotan a estas estructuras de una gran sensibilidad necesaria para la estimulación sexual.

Las *fibras motoras* para los músculos isquiocavernosos y bulboesponjosos llegan por los **nervios perineales** del nervio pudendo. Desempeñan un papel importante en las contracciones rítmicas de la fase final de la eyaculación.

Las *fibras parasimpáticas* inervan la musculatura lisa de las arterias del pene y de las trabéculas de los cuerpos cavernosos. Las fibras preganglionares se originan en el núcleo parasimpático sacro y por los **nervios pélvicos** (erectores) atraviesan el plexo hipogástrico inferior y el plexo prostático, de donde salen como **nervios cavernosos** hacia el pene (Figs. 19-8; 19-7). La estimulación parasimpática provoca la relajación de los vasos y la entrada de sangre en las lagunas del tejido eréctil. Los nervios cavernosos provocan la liberación de acetilcolina y de óxido nítrico; este último es el principal responsable del efecto vasodilatador durante la erección.

Mecanismo de la erección

La erección del pene es un fenómeno neuromuscular que depende de la adecuada relajación de la musculatura lisa de las arterias cavernosas y de las trabéculas de los cuerpos cavernosos.

Ante sensaciones sexuales originadas en el SNC o por la estimulación del glande peneano, se pone en marcha una respuesta vegetativa regulada por el sistema parasimpático y el óxido nítrico. Esta respuesta consta de los siguientes procesos:

a) Relajación y apertura de las arterias cavernosas (en reposo están ocluidas por los cojinetes de la túnica íntima en la desembocadura de los cuerpos cavernosos).

b) Relajación de la musculatura lisa de las trabéculas cavernosas, con el resultado de que éstas se abren y llenan de sangre. La relajación de está fibra lisa es mediada por el óxido nítrico, un neurotransmisor NANC (no-adrenérgico/no-colinérgico), liberado por los nervios cavernosos y las células endoteliales; el óxido nítrico hace disminuir el calcio intracelular provocando la relajación de la fibra lisa.

c) Retención de sangre en los cuerpos eréctiles por bloqueo del retorno venoso. Este bloqueo se produce a consecuencia de tres hechos: 1) el llenado de los cuerpos eréctiles comprime las vénulas trabeculares y las venas oblicuas que atraviesan la albugínea por la tensión de las envolturas del pene; 2) el cierre de las anastomosis arteriovenosas; 3) la contracción de los músculos isquiocavernosos estrangula los plexos venosos de retorno a la pelvis.

El cuerpo esponjoso también aumenta de tamaño, pero no con tanta intensidad y consistencia; de modo que no impide el paso de semen por la uretra.

La desintumescencia del pene (retorno al estado de flacidez) obedece al cese de relajación de la fibra lisa. Las arterias y las trabéculas cavernosas se contraen reduciendo el flujo de sangre y descomprimiendo las venas para permitir el retorno de la sangre.

La **disfunción eréctil** (impotencia) es la incapacidad para conseguir o conservar la erección del pene. Obedece a múltiples causas de origen psíquico (estrés) u orgánico.

El conocimiento del mecanismo de acción del óxido nítrico ha posibilitado recientemente la síntesis de un medicamento (*sildefanilo*), que, en casos de impotencia, incrementa el efecto relajante del óxido nítrico y posibilita, en muchos casos, la erección.

Priapismo. Es una erección patológica, persistente y muy dolorosa, sin deseo sexual, que obedece a una causa grave (trastornos del sistema nervioso, alteraciones de la coagulación de la sangre en los genitales, leucemia, etc.).

Mecanismo de la eyaculación

La eyaculación sucede en dos fases: emisión y eyaculación propiamente dicha.

a) La **emisión** de semen a la uretra se debe a la contracción de la fibra lisa de las glándulas productoras (próstata, vesículas seminales y bulbouretrales) y del conducto deferente. Los movimientos peristálticos de este conducto llevan los espermatozoides a mezclarse con las secreciones glandulares. El llenado de la uretra se acompaña de un estímulo sexual muy intenso. La contracción de la fibra lisa está regulada por el sistema simpático.

b) La **eyaculación** es la expulsión final de semen desde la uretra al exterior. Dentro de la uretra, el semen provoca reflejos que incrementan la contracción de los órganos mencionados anteriormente y la contracción espasmódica de los músculos isquiocavernosos y bulboesponjosos, y de otros músculos perineales, con el efecto de la salida del semen acompañada de una sensación sexual especial denominada orgasmo masculino.

En una eyaculación normal hay un volumen de 3-4 mL de semen que contiene entre 200 y 300 millones de espermatozoides.

CAPÍTULO 12

Aparato reproductor femenino

OVARIOS	VAGINA
TROMPAS UTERINAS	GENITALES EXTERNOS.LA VULVA
ÚTERO	LA MAMA

El aparato reproductor femenino es el conjunto de órganos constituido por los genitales internos y externos. Los **órganos internos**, situados en la pelvis menor, son: 1) los **ovarios**, que producen los ovocitos, 2) las **trompas uterinas**, destinadas al transporte de gametos, 3) el **útero**, donde se desarrolla el óvulo fecundado y 4) la **vagina**, que permite la copulación. Los **órganos externos** ocupan una situación anteroinferior respecto a la sínfisis del pubis y en conjunto constituyen la **vulva**. La **mama** es el órgano del aparato reproductor femenino responsable de la producción y secreción láctea, necesarias para la nutrición del recién nacido en las fases iniciales del desarrollo posnatal.

OVARIOS

Los **ovarios** son dos órganos, productores de los ovocitos, que contienen además elementos glandulares de secreción interna.

Situación (Figs. 12-1 y 12-2)

Los ovarios se encuentran casi completamente libres y descubiertos en la cavidad peritoneal (son los únicos órganos abdominales intracavitarios). Están situados uno a cada lado de la cavidad pélvica, aplicados a su pared lateral, dorsal al pliegue peritoneal denominado ligamento ancho del útero, en la **fosa ovárica** (*fosita de Krause*)[1], delimitada cranealmente por los vasos ilíacos externos, dorsalmente por el uréter y los vasos hipogástricos, ventralmente por la arteria umbilical obliterada, y lateralmente por el músculo obturador interno. Lateral a esta fosita desciende el nervio obturador.

> En ocasiones, la lesión del ovario produce dolor en la cara interna del muslo por afectación del nervio obturador, rama del plexo lumbar, que recoge la sensibilidad de esta región cutánea.

Esta situación, típica de las mujeres nulíparas, se modifica en las multíparas, pasando a localizarse más caudalmente, dorsal al uréter y a los vasos hipogástricos (*fosita de Claudius*)[2].

Forma (Fig. 12-2)

Los ovarios tienen forma ovoide, con el aspecto de una almendra grande, de eje mayor vertical en nulíparas y horizontal en multíparas, con una **cara medial** y una **cara**

[1] Wilhelm Johann F. Krause, anatomista alemán, 1833-1910.
[2] Friedrich Matthias Claudius, anatomista austríaco, 1822-1869.

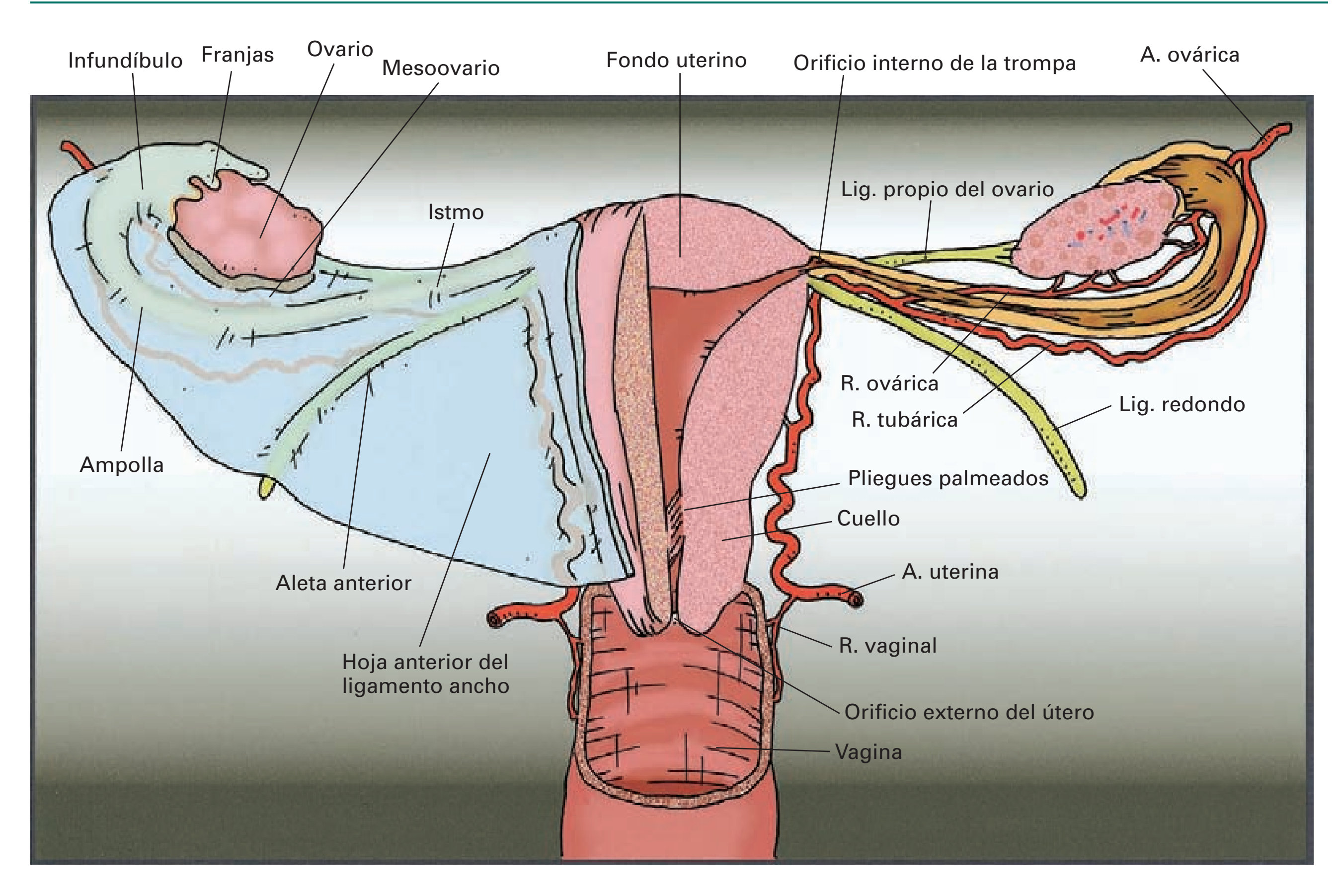


Figura 12-1. Esquema de una visión anterior de los órganos genitales internos. A la derecha recubiertos por el ligamento ancho. A la izquierda han sido seccionados para observar la cavidad del útero y la luz de la trompa uterina. La vagina ha sido parcialmente abierta para dejar ver el cuello uterino. El patrón arterial se representa en ambos lados.

lateral, un **borde anterior** (donde se fija el **mesoovario** coincidiendo con el hilio del ovario) y un **borde posterior**, con dos polos, superior o **extremidad tubárica** e inferior o **extremidad uterina**.

La superficie del ovario cambia a lo largo del desarrollo. Es de aspecto liso en la pubertad y posteriormente abollonado, debido a las prominencias formadas por los folículos ováricos en desarrollo y por las cicatrices consecuentes a la liberación de los ovocitos. Tras la menopausia, los ovarios disminuyen de tamaño y la superficie tiende a ser nuevamente lisa y uniforme.

Estructura (Fig. 12-3)

El ovario está estructurado en sucesivas capas concéntricas, constituidas por el epitelio germinal, la túnica albugínea y el parénquima ovárico.

La capa más superficial de los ovarios es el **epitelio germinal**, una capa de células cuboidales (que se van aplanando en el curso del desarrollo), separadas del aplanado mesotelio peritoneal por una fina y sinuosa línea blanca que sigue el borde anterior o **mesoovario** (*línea de Farre-Waldeyer*)[3].

El término epitelio germinal no sería adecuado, pues que no origina óvulos, ya que éstos proceden del endodermo del saco vitelino y migran a los ovarios durante el desarrollo embrionario.

La **túnica albugínea**, localizada bajo el epitelio germinal, es una cápsula de tejido conjuntivo denso e irregular, que aumenta de densidad durante el desarrollo.

En profundidad se dispone el **parénquima del ovario,** constituido por una capa cortical que rodea, excepto a nivel del hilio, una capa medular.

La **capa cortical** contiene los **folículos ováricos**, inmersos en el estroma o estructura intersticial determinada por un tejido denso, con redes de fibras reticulares que contienen *células fusiformes*, con capacidad de secretar estrógenos.

[3] Arthur Frederik John Farre, ginecólogo inglés, 1811-1887 y Wilhem Waldeyer, anatomista alemán, 1836-1921.

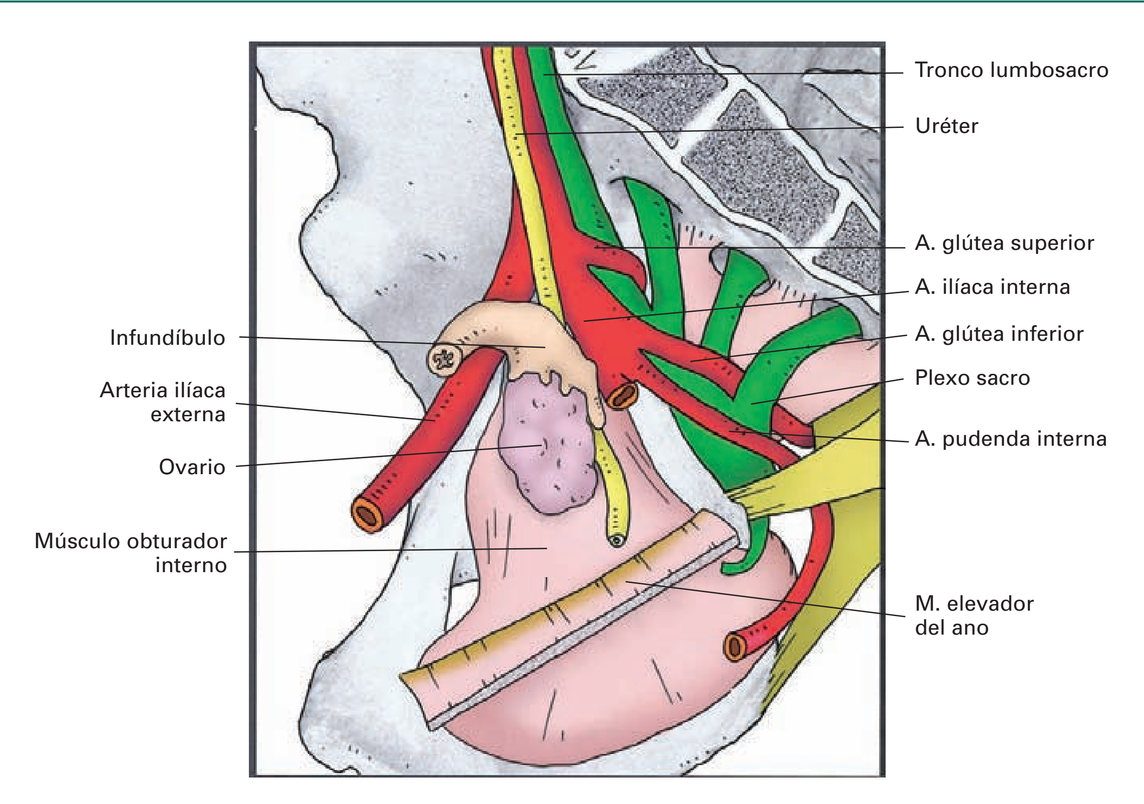


Figura 12-2. Visión de la pared de la pelvis para mostrar la posición del ovario y del pabellón de la trompa en la fosa ovárica. Obsérvese la relación del ovario con el uréter y los vasos ilíacos.

El tejido conjuntivo de la corteza está condensado inmediatamente por debajo del epitelio germinal, constituyendo una capa de colágeno que determina la formación de la túnica albugínea.

Folículos ováricos (Figs. 12-3 y 12-4)

Los folículos ováricos reciben diferente denominación según su estado evolutivo. En el nacimiento se denominan **folículos primordiales** o primarios, constituidos por un *ovocito primario*, rodeado de una capa de *células foliculares* de revestimiento; muchos de ellos degeneran durante la infancia y la fase prepuberal. A partir de la pubertad, se instaura el ***ciclo ovárico*** y varios folículos primordiales comienzan a madurar, pero sólo uno (el resto de ellos involuciona y se forman folículos atrésicos y cuerpos fibrosos) alcanza la fase de **folículo en maduración**, caracterizado por una proliferación de las células foliculares de revestimiento y la aparición de una cavidad que contiene el *líquido folicular*. Se alcanza la fase de **folículo de De Graaf**[4], determinada por la presencia de una cavidad central o *antro*, ocupada por el líquido folicular, dispuesto entre las células foliculares de revestimiento, separándolas en dos capas, una externa o *granulosa* y otra interna o *disco oóforo*, que rodea el ovocito. Además, las *células fusiformes* del estroma que rodean el folículo constituyen la *teca folicular*, una cubierta que se diferencia en una capa externa, la *teca externa*, de carácter fibroso, y una interna, la *teca interna* (o glándula tecal), en relación con la capa granulosa, con la cual contribuye a la producción de hormonas estrogénicas.

Por mecanismos aún no bien conocidos, el ovocito secundario, rodeado de algunas células de la granulosa y del líquido folicular, es liberado del folículo a través de un punto o cono de necrosis en el epitelio germinal, y tiene lugar la **ovulación**, que ocurre aproximadamente cada 28 días siguiendo el ciclo ovárico (unos 14 días antes de la siguiente menstruación, aunque este período es muy variable). El ovocito es captado por las franjas de la trompa y si tiene lugar la fecundación, ésta suele ocurrir en el tercio externo de la trompa; en caso contrario, el ovocito degenera en unas 24-48 horas.

Tras la ovulación, la pared del folículo de De Graaf se colapsa y se pliega. Comienza la fase de **cuerpo lúteo** o cuerpo amarillo, caracterizada por el incremento de tamaño de las células de la granulosa, que muestran un pigmento amarillo (luteína) y se constituyen en **células luteínicas**; además, las células de la teca interna se transforman en las **células paraluteínicas**. Este proceso o *estadio de proliferación* se continúa con un *estadio de vascularización*, en el que vasos procedentes de la teca interna proliferan entre las células luteínicas y el interior del cuerpo lúteo se ocupa por un pequeño foco hemorrágico o coágulo san-

[4] Rainier De Graaf, anatomista alemán, 1641-1673.

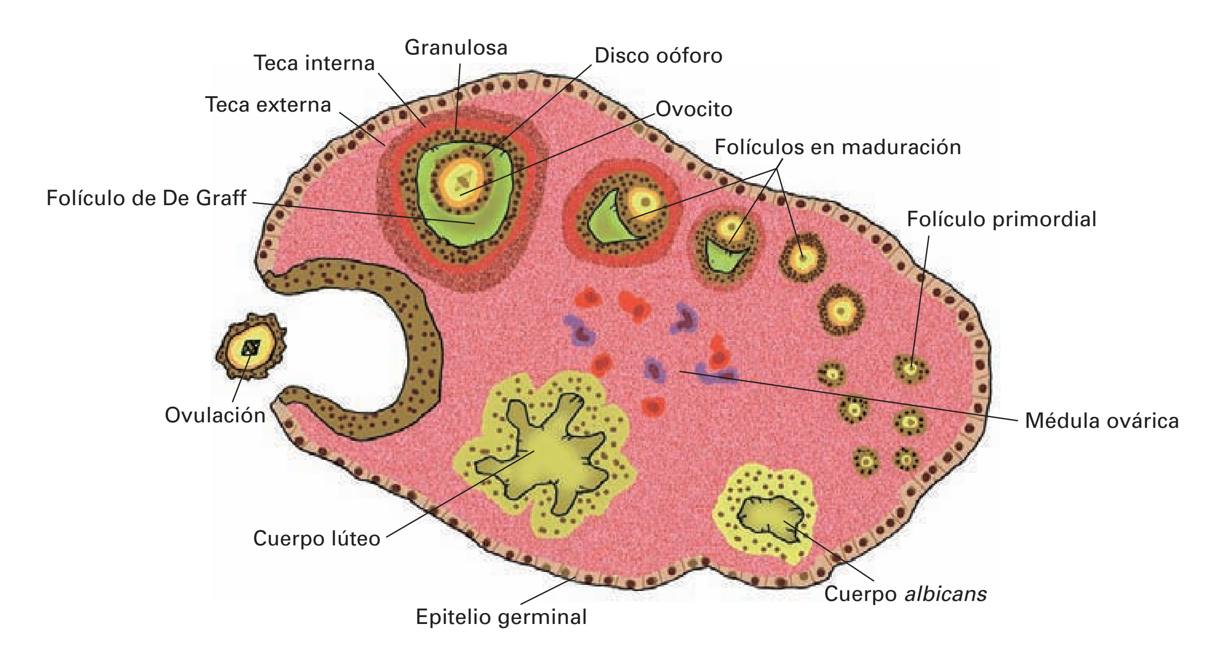


Figura 12-3. Esquema de la estructura del ovario. En la corteza se ha representado la evolución de un folículo primordial durante el ciclo menstrual.

guíneo. Posteriormente, tiene lugar un *estadio de madurez*, con engrosamiento de la capa de células luteínicas y, finalmente, si la fecundación no se produce (**cuerpo lúteo cíclico** o cuerpo amarillo de la menstruación), se llega a una fase final o *estadio de regresión*, en el que las células luteínicas sufren una degeneración grasa y son reemplazadas progresivamente por tejido fibroso y una pequeña cicatriz fibrosa, con lo que se alcanza la fase de **cuerpo *albicans***. En cambio, si se produce la fecundación y la posterior implantación, el cuerpo lúteo no involuciona, sino que aumenta de tamaño y prolonga su actividad (**cuerpo lúteo gravídico** o cuerpo amarillo del embarazo).

Folículo primordial
Estroma
Teca folicular
Antro
Células foliculares
Ovocito

Figura 12-4. Microfotografía del ovario mostrando varios folículos ováricos en distintos períodos de maduración. Corte semifino. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

El ciclo ovárico está regulado por la GnRH (hormona hipotalámica liberadora de gonadotropinas), que estimula la liberación de las hormonas hipofisarias FSH (hormona folículo-estimulante) y LH (hormona luteinizante). La FSH estimula el desarrollo inicial de los folículos ováricos y la secreción de estrógenos por los folículos. La LH estimula el desarrollo posterior de los folículos ováricos. Un pico de secreción de FSH y LH (pico ovulatorio) sería el mecanismo de inducción de la ovulación. Tras este proceso, la actividad concomitante de la FSH, LH y LTH (prolactina) es causante de la formación de células luteínicas a partir de las células granulosas. Las células luteínicas y paraluteínicas producen hormonas estrogénicas (estradiol), progesterona, relaxina e inhibina, características de la fase luteínica, (cuerpo lúteo cíclico); sin embargo, si se produce la fecundación y la implantación, el cuerpo lúteo prolonga su actividad (cuerpo lúteo gravídico), debido a la acción de las hormonas (FSH, LH, progesterona y estradiol) que genera el trofoblasto del embrión implantado.

Finalmente, la capa **medular**, ricamente vascularizada, ocupa el centro del ovario y está constituida por un tejido conjuntivo laxo, rico en fibras elásticas y células musculares lisas.

Pueden contener grupos de grandes células, denominadas **células hiliares**, que serían homónimas a las células de Leydig en el testículo. También pueden aparecer inva-

ginaciones primitivas procedentes del epitelio germinal, constituyendo la *rete ovarii.*

> La mayor parte de los tumores benignos de ovario viene determinada por los **quistes ováricos**, de origen funcional: quiste folicular, al no regresar un folículo en desarrollo, quiste lúteo, por hemorragia, etc. A veces pueden alcanzar gran tamaño y sufrir torsión, originando cuadros de abdomen agudo.
>
> El **cáncer de ovario**, generalmente un adenocarcinoma, es más frecuente en mujeres posmenopáusicas, principalmente cuando hay presencia previa de tumores de ovario benignos.

Medios de fijación (Figs. 12-1; 12-5; 12-8)

El ovario mantiene su posición en la pelvis menor por la presencia del mesoovario y de tres ligamentos: suspensorio del ovario, tuboovárico y propio del ovario.

El **mesoovario** se extiende a todo lo largo del borde anterior del ovario, permitiendo la entrada de los vasos y nervios ováricos a través del hilio, y establece una unión con el ligamento ancho del útero.

El **ligamento suspensorio del ovario** (*ligamento lumboovárico*) es un pequeño pliegue de peritoneo que se extiende cranealmente desde la extremidad tubárica del ovario hasta el peritoneo parietal que recubre los vasos ilíacos externos y el músculo psoas. Este ligamento se continúa caudalmente con el mesoovario y ventralmente con el ligamento ancho del útero. Está constituído por fibras conjuntivas y musculares lisas que envuelven los vasos ováricos y por un repliegue de peritoneo parietal que los recubre.

El **ligamento tuboovárico** es un fascículo de tejido conjuntivo y muscular liso que une la extremidad tubárica del ovario a la franja ovárica, una de las franjas más grandes del pabellón de la trompa uterina.

El **ligamento propio del ovario** (*ligamento útero-ovárico*) es un cordón de tejido fibroso y fibras musculares lisas que se extiende desde la extremidad uterina del ovario hasta el ángulo lateral del útero, dorsocraneal a la entrada de la trompa uterina.

Solamente el mesoovario y el ligamento suspensorio del ovario constituyen elementos de sujeción del ovario en su situación. El resto de ligamentos permite la unión del ovario a órganos que también son móviles y mantienen la unión entre ellos.

Vascularización

Arterias (Fig. 12-1). Las arterias del ovario proceden de las **arterias ováricas** y las **arterias uterinas**. Las arterias

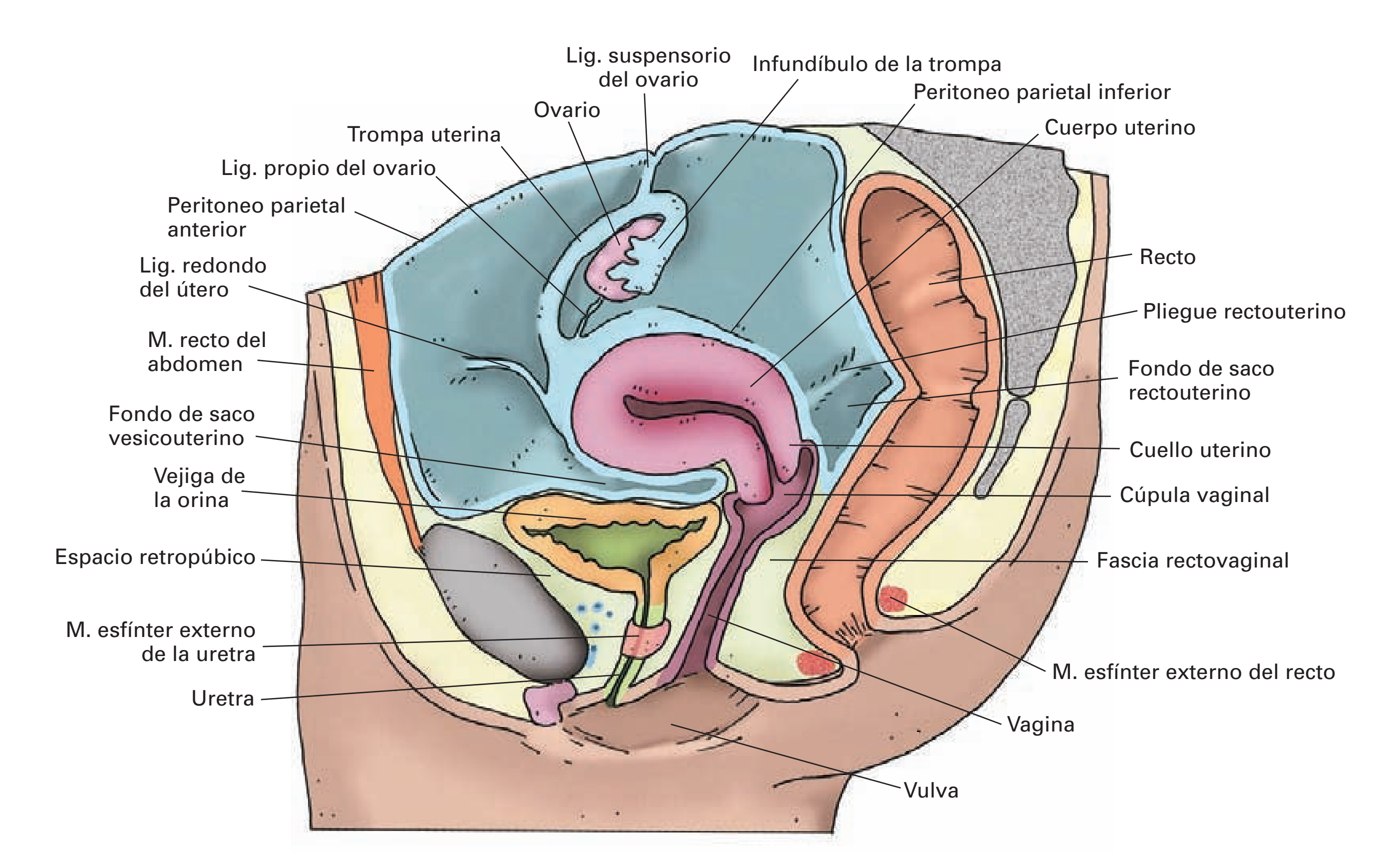


Figura 12-5. Sección sagital de la pelvis femenina.

ováricas se originan en la cara anterior de la aorta, caudales al origen de las arterias renales. Cada una de ellas desciende introducida en el espesor del ligamento suspensorio del ovario, hasta alcanzar el ovario, donde se divide en una rama tubárica lateral, destinada a la trompa uterina, y un grupo de ramas ováricas que abordan el hilio ovárico anastomosándose con ramas de la arteria tubárica medial, rama de la arteria uterina.

Venas (Fig. 10-1). Las venas forman un plexo muy desarrollado a nivel del hilio (*plexo pampiniforme*), desde donde se dirigen a las **venas ováricas** (drenando la derecha a nivel de la vena cava inferior y la izquierda a nivel de la vena renal) y a las **venas uterinas**.

Linfáticos. Los linfáticos siguen el trayecto de los vasos sanguíneos y terminan en los ganglios **lumbares.**

Inervación

Los nervios del ovario proceden del **plexo ovárico** (homólogo del plexo espermático), una ramificación del plexo aórtico (plexo celíaco), y acompañan a la arteria ovárica a través del ligamento suspensorio del ovario (Fig. 19-6). Sin embargo, se sabe muy poco en la especie humana acerca de la distribución y la función de las fibras vegetativas simpáticas y parasimpáticas.

La información aferente sensitiva alcanza la médula espinal a través de la raíz dorsal del décimo nervio torácico.

TROMPAS UTERINAS

Las **trompas uterinas** (*trompas de Falopio*)[5] constituyen dos estructuras tubulares, de unos 10-15 cm de longitud, destinadas al transporte de los gametos femenino y masculino y al cigoto, resultado de la fecundación, que tiene lugar en su tercio más lateral.

> Como uno de los métodos de control de la natalidad se propone la **ligadura y sección de las trompas**, con lo cual los ovocitos liberados de los folículos degeneran en el sector proximal a la interrupción tubárica.

Situación (Figs. 12-1; 12-5; 12-8)

Se disponen transversalmente en la cavidad pélvica, a ambos lados del útero, desde sus ángulos laterales hasta la superficie del ovario, donde se abren a la cavidad peritoneal, disponiéndose en el borde superior del ligamento ancho del útero.

Forma (Fig. 12-1)

Atendiendo a su situación y a su morfología, en las trompas uterinas se distinguen, de medial a lateral, cuatro sectores: uterino, ístmico, ampollar e infundibular.

La **porción uterina** (*intersticial* o *intramural*) es la de menor calibre y se localiza en el espesor de la pared uterina. Se abre a la cavidad uterina por el **orificio uterino de la trompa** (*orificio interno de la trompa*) y lateralmente, a nivel del ángulo del útero, se continúa con el istmo.

El **istmo** de la trompa uterina, de aspecto redondo a modo de un cordón y de consistencia firme, se dispone horizontalmente, desde el ángulo del útero, constituyendo aproximadamente el tercio interno de la trompa.

La **ampolla** de la trompa uterina, de trayecto ligeramente sinuoso y forma aplanada, es la porción más ancha y larga de la trompa, pues representa algo más de la mitad de la longitud total de la trompa. Su posición se modifica acorde con los cambios de posición que sufre el ovario en las multíparas.

> En ocasiones, tras la fecundación del ovocito en la ampolla tubárica, el cigoto puede implantarse en la mucosa, provocando que el trofoblasto invada la pared tubárica y ocasionando la variedad más común de **embarazo ectópico**, que suele cursar con aborto y hemorragia (hemoperitoneo).

El **infundíbulo** (*pabellón de la trompa*) tiene forma de embudo, en cuya base se localiza el **orificio abdominal** (*orificio externo de la trompa*), que comunica el conducto tubárico con la cavidad abdominal; de este modo, el infundíbulo se encuentra libre en la cavidad peritoneal. El borde o circunferencia del infundíbulo que delimita el orificio presenta 10-15 **franjas** (*fimbrias del pabellón*), una de las cuales es más larga y ancha que el resto, la **franja ovárica**, unida al ligamento tuboovárico. Las franjas se disponen a cierta distancia del ovario y se mueven rítmicamente (posiblemente por factores locales que inducirían su contracción) para intervenir de forma activa en la captación del ovocito.

> Esta configuración permite la comunicación desde el exterior, a través de la vagina, el útero y las trompas, con la cavidad peritoneal. Ello justificaría que las **peritonitis pélvicas** sean más frecuentes en la mujer que en el varón, ya que infecciones de estos órganos se propagarían de forma directa por la comunicación a través del orificio abdominal de la trompa.

[5] Gabriel Falloppio o Falloppius (1523-1562), notable anatomista italiano, discípulo de Vesalio, no sólo relevante por sus estudios sobre el aparato genital. Fue el primero en estudiar el desarrollo embrionario de los dientes y los puntos de osificación de algunos huesos.

Estructura

Las trompas uterinas se caracterizan por presentar paredes gruesas y una luz estrecha. La pared de cada trompa consta de una serie de capas concéntricas.

La **mucosa**, que reviste la superficie interna de la trompa, está recorrida por numerosos pliegues alargados y anfractuosos, escasos en número pero muy prominentes a nivel del istmo y muy numerosos en la ampolla y en el infundíbulo, donde presentan llamativas crestas y surcos que configuran las franjas.

La inflamación de la mucosa tubárica (*salpingitis*), generalmente debida a infecciones propagadas directamente desde la vagina y el útero, pueden provocar la oclusión de las franjas del pabellón y el cierre de la luz tubárica por la presencia de adherencias, ocasionando a veces colecciones purulentas (*piosálpinx*) que pueden originar, a corto plazo, cuadros de peritonitis y, con posterioridad, esterilidad por obstrucción tubárica.

La mucosa tubárica está constituida por un epitelio y un estrato subyacente de tejido conjuntivo que contiene los vasos y las fibras nerviosas de la mucosa.

El epitelio está constituido por tres tipos de células: ciliadas, secretoras e intercalares. Las células **ciliadas** contienen largos cilios que tienden a llevar el líquido que contiene la trompa en dirección hacia el útero. Las células **secretoras** están destinadas a la formación del líquido de la trompa, como sustrato nutritivo de los gametos y el cigoto. Las células **intercalares**, o en cuña, podrían ser derivadas (o precursoras, aspecto aún no clarificado) de las células secretoras, al liberar éstas el líquido de la trompa. Estas poblaciones celulares experimentan cambios cíclicos.

La **capa muscular** está constituida por dos estratos de fibras musculares lisas, uno más superficial, de fibras longitudinales, y otro de fibras circunferenciales, más profundo y de mayor grosor. En algunos sectores de la trompa hay un grupo de fibras longitudinales internas. La capa muscular interviene en la realización de movimientos peristálticos y antiperistálticos que permiten a los espermatozoides progresar hacia el ovario y al ovocito (y al cigoto) desplazarse hacia el útero. Los estímulos nerviosos, hormonales y las sustancias transmisoras responsables de esta función no son aún bien conocidos en la especie humana. El hecho de que esta capa sea más llamativa en el sector ístmico de la trompa, proporciona un mecanismo esfinteriano que controlaría el avance del cigoto hacia el útero (bloqueo ístmico), permitiendo así la fase de segmentación y asegurando una etapa de desarrollo embrionario idónea para la implantación uterina.

Aunque no existen bases morfológicas evidentes, cabría la posibilidad también de un mecanismo esfinteriano en el orificio abdominal de la trompa, que controlaría la comunicación con la cavidad peritoneal.

La **capa serosa** o peritoneal forma parte del ligamento ancho del útero. Es la capa más superficial que recubre la trompa uterina, a excepción de la porción intersticial o intramural, que se encuentra en el espesor de la pared uterina, separada de ella por una vaina de tejido conjuntivo. En profundidad a esta capa serosa se halla una delgada capa subserosa de tejido conjuntivo, en la que discurren las principales ramificaciones vasculares y nerviosas.

Vascularización

Arterias. La irrigación de la trompa uterina depende de vasos originados en las arterias ovárica y uterina (Fig. 12-1). Las arterias proceden de las anastomosis formadas en el mesosálpinx por la **arteria tubárica lateral**, rama de la ovárica (que vascularizaría el tercio externo de la trompa), y por la **arteria tubárica medial**, rama de la uterina (que regaría aproximadamente los dos tercios internos de la trompa).

Venas. Las venas, muy numerosas, siguen un patrón similar al de las arterias, drenando en las **venas ovárica** y **uterina**.

Linfáticos (Fig. 15-89). Los linfáticos acompañan a las venas y se unen a los linfáticos del ovario, terminando fundamentalmente en los ganglios **linfáticos lumbares**.

Inervación

Los nervios de la trompa proceden del **plexo ovárico** (Fig. 19-6) y acompañan a la arteria ovárica a través del ligamento suspensorio del ovario. Algunas ramas provienen del **plexo uterovaginal** (procedente del plexo hipogástrico inferior), que acompañan a la arteria uterina a través del ligamento ancho.

La inervación vegetativa simpática preganglionar procede de los segmentos medulares T10-L2 del núcleo simpático medular. Las fibras simpáticas posganglionares, originadas en los plexos mencionados, siguen las redes periarteriales de la ovárica y la uterina. La inervación parasimpática preganglionar alcanza la trompa mediante redes nerviosas periarteriales de la ovárica y la uterina; sin embargo, no hay indicios morfológicos de la presencia de ganglios vegetativos parasimpáticos en la pared o en las proximidades de la trompa.

La información aferente sensitiva posiblemente utiliza las estructuras del simpático para ingresar a través de la raíz dorsal de los nervios T11-L2.

ÚTERO

El **útero** es un órgano muscular hueco, impar, de paredes gruesas, destinado a permitir la implantación y el desarro-

llo del cigoto, así como la expulsión del feto a término; constituye el elemento motor del parto.

Situación (Fig. 12-5)

Está localizado en el centro de la cavidad pélvica, en el espacio visceral pélvico, aunque con frecuencia se encuentra desplazado hacia uno de los lados, cubierto por el peritoneo parietal inferior, que lo separa de las asas intestinales y el colon sigmoide; su posición es craneal a la vagina, ventral al recto y dorso-craneal con respecto a la vejiga de la orina.

Forma (Figs. 12-1 y 12-5)

El útero presenta una forma semejante a un cono truncado, de base superior, aplanado en sentido dorsoventral y de tamaño muy variable. Aproximadamente en la unión de sus dos tercios superiores con su tercio inferior el útero presenta una zona más estrecha, el **istmo** uterino, que lo divide en una parte superior, el **cuerpo** del útero, y otra inferior, el **cuello** o cérvix uterino.

Cuerpo del útero

El **cuerpo** del útero, aplanado en sentido anteroposterior, tiene forma triangular, de base craneal, mostrando así dos caras, tres bordes y tres ángulos, dos laterales y uno inferior.

La *cara anterior*, o anteroinferior (**cara vesical**), está tapizada por el peritoneo parietal inferior, que desciende hasta el istmo, donde se refleja sobre la vejiga de la orina formando el **fondo de saco vesicouterino**.

La *cara posterior*, o posterosuperior (**cara intestinal**), también está recubierta por el peritoneo parietal inferior, que en esta cara desciende más sobre el nivel del istmo uterino llegando hasta la cara posterior de la vagina, reflejándose a continuación sobre el recto. De este modo, se constituye el **fondo de saco rectouterino**, que marca el punto más declive de la cavidad peritoneal.

> Cuando hay una colección purulenta en el fondo de saco rectouterino, puede palparse y evaluarse a través del fondo de saco posterior de la vagina.

El **borde superior**, de aspecto redondeado, como una cúpula, marca el **fondo del útero** (Fig. 12-8), craneal a una línea imaginaria que uniera los puntos de entrada de ambas trompas. Está tapizado por el peritoneo parietal inferior, que se continúa con el que recubre las caras vesical e intestinal, y a través de él se relaciona con las vísceras intestinales.

Los **bordes laterales**, también de aspecto redondeado, se relacionan con los ligamentos anchos y están recorridos por los vasos uterinos.

Los *ángulos superiores* o laterales (**cuernos uterinos**) se continúan con el istmo de la trompa. En posición anteroinferior con respecto a las trompas, está fijado el ligamento redondo del útero y posteroinferiormente se fija el ligamento uteroovárico. Estas tres estructuras están situadas dentro del ligamento ancho, que se extiende desde el borde lateral del útero hasta la pared lateral de la pelvis. Por último, el ángulo inferior del cuerpo del útero se continúa con el istmo uterino.

Istmo del útero

El **istmo** determina la zona de unión del cuerpo con el cuello, aunque también se ha definido como el tercio superior del cuello uterino. Adquiere su relevancia durante la gestación, en la que se distiende y se denomina *segmento uterino inferior*, una banda de miometrio del polo inferior del útero que sufre una dilatación circunferencial con el consiguiente adelgazamiento.

> Es la zona de elección para llevar a cabo los partos por **cesárea**. La razón es que, al regresar tras el parto, en esta zona queda menos cicatriz disminuyendo así el riesgo de rotura uterina en partos posteriores.

Cuello del útero (Figs. 12-1, 12-5, 12-6 y 12-7)

El **cuello** uterino, más estrecho y cilíndrico que el cuerpo, tiene aspecto fusiforme, algo más amplio en el centro que en sentido craneal y caudal. Está fijo por su inserción en la vagina, que lo divide en tres partes: supravaginal, vaginal e intravaginal.

La **porción supravaginal** se sitúa entre la vejiga de la orina y el fondo de saco rectouterino, entre ambos ligamentos anchos del útero. Sus bordes laterales están flanqueados por el recorrido de la arteria uterina y el uréter.

La **porción vaginal** está determinada por la línea de inserción de la vagina sobre el cuello, más craneal por su cara dorsal que por su cara ventral.

La **porción intravaginal** (*ectocérvix*) se introduce en la cavidad vaginal determinando los fondos de saco vaginales. Es de aspecto cónico, de vértice redondeado, en el que se encuentra el **orificio externo del útero** (*orificio cervical externo*), por el que se comunica la cavidad del útero con la de la vagina. El aspecto de esta porción del cuello uterino (*hocico de tenca*)[6] es muy variable (Fig. 12-6). En la mujer nulípara el orificio cervical externo es de aspecto circular, o de una pequeña hendidura transversal, de bordes regula-

[6] Por su semejanza con la boca de la tenca, pez ciprínido del gran grupo de los osteictios o peces óseos.

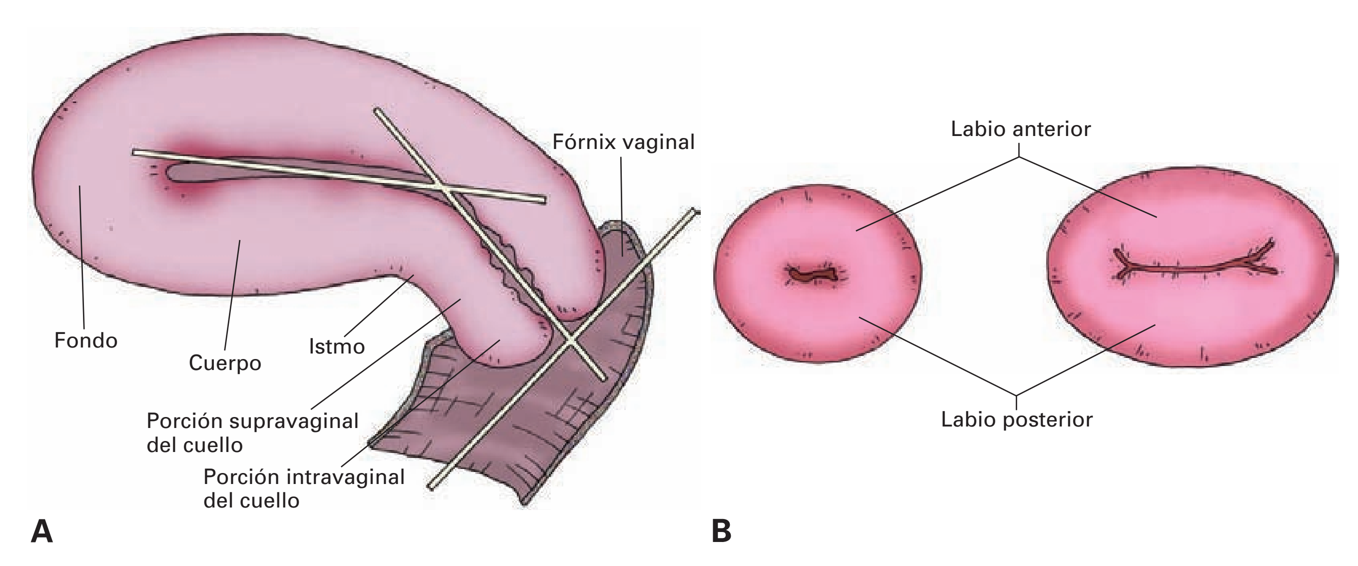


Figura 12-6. (A) Corte sagital del útero y cúpula vaginal para mostrar la posición del útero. El eje del cuerpo con el eje del cuello uterino forman el ángulo de flexión. El eje del cuello uterino con el eje de la vagina forman el ángulo de versión. (B) Visión inferior de los labios del orificio externo del útero; a la izquierda en una mujer nulípara; a la derecha en una mujer que ha parido.

Ovario
Lig. suspensorio del ovario
Infundíbulo
Hoja posterior del ligamento ancho
Peritoneo parietal
Mesoovario
Recto
Lig. propio del ovario
Lig. redondo
Pliegue rectouterino
Fondo de saco rectouterino
Lig. propio del ovario
Trompa uterina
Fórnix vaginal (fondo de saco posterior)
Lig. redondo
Fondo de saco vesicouterino
Porción intravaginal del cuello uterino
Vejiga
Vagina
Fascia rectovaginal
Lig. pubovesical
Conducto anal
Uretra

Figura 12-7. Esquema de una visión lateral izquierda de la pelvis mostrando las vísceras infraperitoneales y el ligamento ancho. La vejiga, la uretra y la vagina han sido seccionadas. El ligamento ancho izquierdo se ha seccionado cerca del cuerpo uterino para mostrar la disposición de sus hojas. El ligamento ancho derecho se ha conservado; la zona de unión de la hoja posterior con el peritoneo parietal ha sido artificialmente rasgada para mostrar su límite.

res, limitada craneal y caudalmente por unos gruesos **labios**, **anterior** y **posterior**, de consistencia muy firme al tacto, característica que disminuye durante la gestación. En las multíparas la hendidura transversal es mayor, con un perfil irregular, y el labio posterior es más grueso y redondeado que el anterior.

Cambios de forma

La configuración del útero, su posición, su tamaño y su forma muestran una serie de peculiaridades relevantes desde el punto de vista anatómico y clínico; son muy variables en los distintos períodos del desarrollo y en diferentes circunstancias.

El útero es un órgano que se desplaza con gran libertad y su posición varía atendiendo al estado de distensión de la vejiga y del recto. El eje longitudinal del cuerpo en comparación con el del cuello uterino forma un ángulo abierto ventralmente denominado **ángulo de flexión** (Fig. 12-6). El eje longitudinal del cuello uterino forma asimismo con el eje longitudinal de la vagina un ángulo abierto hacia adelante, formando el **ángulo de versión**. Estos ángulos, más cerrados cuando la vejiga está vacía, determinan la posición del útero en anteflexión (aproximadamente 160°) y anteversión (aproximadamente 90°).

Atendiendo a la edad, el útero varía notablemente de configuración. Durante el desarrollo fetal y hasta la pubertad el útero sobrepasa cranealmente el estrecho superior de la pelvis, siendo un órgano principalmente abdominal, y el cuello uterino inicialmente es más grande que el cuerpo. Tras la pubertad y en la mujer adulta, el útero aumenta su tamaño durante cada menstruacion y es evidente que durante la gestación. Tras la menopausia, se vuelve atrófico y de mayor consistencia, se hace más evidente la separación entre el cuerpo y el cuello, y los labios del orificio externo desaparacen casi por completo.

> Mediante *examen bimanual*, con la vejiga vacía, se palpa mediante un tacto vaginal el ectocérvix con el dedo índice de la mano derecha (que muestra una consistencia similar a la del cartílago nasal, pero más parecida a la de los labios durante la gestación). La mano izquierda explora la pared anterior del abdomen por encima de la sínfisis del pubis, y aprecia el tamaño, la forma y la movilidad del útero.

Estructura

El útero posee una luz en su interior, la cavidad uterina, tapizada por una pared gruesa, constituida por diferentes capas concéntricas.

Cavidad uterina (Fig. 12-1)

El útero presenta una estrecha cavidad en su interior, pequeña en comparación con el tamaño del órgano, aplanada en sentido anteroposterior, dividida en dos sectores por la zona más estrecha que comprende el istmo: la cavidad del cuerpo y la cavidad del cuello.

La **cavidad del cuerpo** es de forma triangular, aplanada por la proximidad de las caras anterior y posterior. En los ángulos superiores o laterales (*cuernos uterinos*) se encuentran los orificios internos de las trompas uterinas, y el ángulo inferior se comunica a través del estrechamiento ístmico con la cavidad del cuello mediante el **orificio cervical interno**.

> Esta disposición triangular de los tres orificios constituye la base del diseño de los dispositivos intrauterinos (DIU), utilizados como medios mecánicos de anticoncepción, al evitar el desplazamiento normal de los gametos en el interior del aparato reproductor femenino.

La **cavidad del cuello** es un conducto de aspecto fusiforme, delimitado por los orificios cervicales interno y externo. Sus caras, anterior y posterior, están recorridas por un pliegue longitudinal, del que se originan una serie de pliegues en dirección oblicua en sentido craneal y lateral, los **pliegues palmeados**, que junto al pliegue longitudinal constituyen el denominado «árbol de la vida». Estos pliegues de ambas paredes no están directamente enfrentados, de tal modo que el pliegue longitudinal no se encuentra exactamente en la línea media y los pliegues palmeados de ambas caras encajan entre ellos permitiendo el cierre del conducto cervical.

Pared uterina

Está constituida por tres capas que, de la profundidad a la superficie, son la mucosa, una capa muscular y una serosa externa o peritoneal.

Endometrio

La capa mucosa es el endometrio. En el cuerpo del útero presenta un aspecto suave y liso, y está constituida por un *epitelio cilíndrico*, parcialmente ciliado (debido a la pérdida de áreas ciliadas en la periódica destrucción que implica el proceso de la menstruación). Contiene *glándulas tubulares simples* que pueden extenderse hasta la capa muscular al no haber una bien definida capa submucosa; son menos abundantes en el istmo.

Atendiendo a los elementos estructurales del endometrio, se distinguen tres capas o estratos: *compacto*, en relación con la cavidad uterina, *esponjoso* y *basal*, en relación

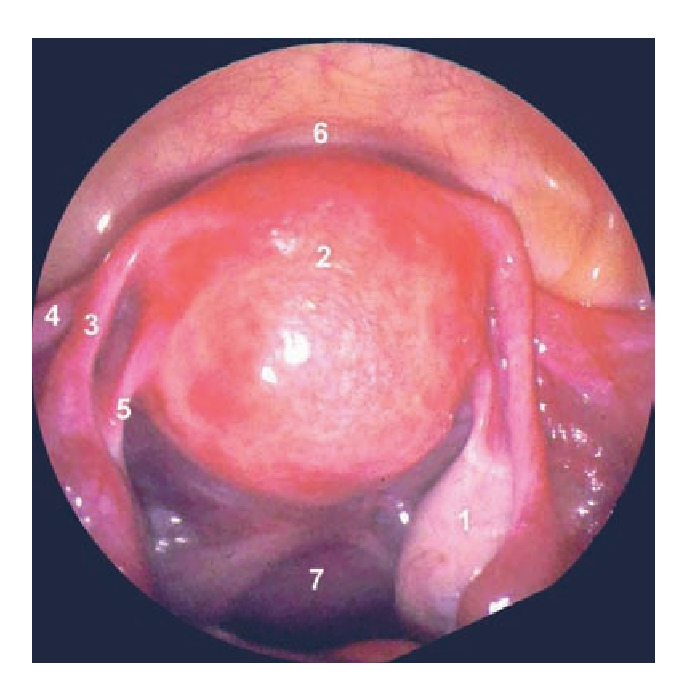


Figura 12-8. Visión laparoscópica de los órganos genitales internos mostrando la disposición de los ovarios, las trompas uterinas, el ligamento ancho y el fondo del útero. 1) Ovario. 2) Fondo uterino. 3) Aleta superior del ligamento ancho (trompa uterina). 4) Aleta anterior del ligamento ancho (ligamento redondo). 5) Aleta posterior del ligamento ancho (ligamento propio del ovario). 6) Fondo de saco vesicouterino. 7) Fondo de saco rectouterino.

con la capa muscular. Sin embargo, la propiedad fundamental de la estructura del endometrio es su carácter dinámico, sujeto a una serie de cambios cíclicos. En efecto, desde la pubertad a la menopausia, ocurren en el ovario, en el útero y en la vagina una serie de cambios cíclicos (excepto durante la gestación y la lactancia), íntimamente relacionados entre sí, en respuesta a los estímulos hormonales. Cada ciclo comprende aproximadamente 28 días, de tal modo, que en el ciclo ovárico la ovulación coincide aproximadamente con la mitad del ciclo uterino.

El ***ciclo uterino*** o ciclo menstrual afecta fundamentalmente al endometrio y consta de cuatro fases: menstrual, posmenstrual, proliferativa y premenstrual. La *fase menstrual* o *hemorrágica*, que dura 3-6 días, se caracteriza por una descamación de las capas superficiales del endometrio (estratos compacto y esponjoso); queda solamente la capa basal adyacente al miometrio, que no experimenta cambios a lo largo del ciclo menstrual. En la *fase posmenstrual* o *reparadora*, que dura 4-5 días, el epitelio nuevamente aumenta de grosor, a partir de la capa basal. En la *fase proliferativa*, que dura 10-12 días, se incrementa el número de mitosis y el grosor aumenta progresivamente en respuesta a las hormonas ováricas (progesterona y estradiol, secretadas por el cuerpo lúteo). Finalmente, en la *fase premenstrual* o *luteínica*, que ocurre durante los 7 días previos a la menstruación, el endometrio es de mayor grosor, las glándulas son más voluminosas, y es la fase en que el endometrio presenta las tres capas bien definidas.

En conjunto, estos cambios constituyen la reacción decidual premenstrual. Si hay fecundación con la consiguiente implantación del embrión, las hormonas secretadas por el trofoblasto del embrión prolongan la actividad del cuerpo lúteo y la menstruación no se produce, transformándose la mucosa en la decidua de la gestación.

Al final de la fase premenstrual, a medida que regresa el cuerpo lúteo, aparecen cambios degenerativos que preceden a la fase de hemorragia, en la que el patrón vascular arterial del endometrio experimenta modificaciones significativas que determinan la menstruación. Se produce una lentificación paulatina de la circulación, y, finalmente, isquemia de los estratos superficiales, dando lugar a descamación del endometrio y hemorragia.

El endometrio muestra en el cuello uterino una superficie más fibrosa e irregular (por la presencia de los pliegues palmeados). También está constituido por un epitelio cilíndrico, pero las células ciliadas son escasas; se continúa con un epitelio plano estratificado a nivel del orificio cervical externo y la superficie vaginal del cuello uterino. Además de glándulas tubulares simples, presenta numerosos folículos glandulares profundos, secretores de una mucosidad clara, viscosa y alcalina, que en ocasiones, se obstruyen favoreciendo la presencia de pequeños quistes de retención (*huevos de Naboth*)[7]. La mucosa que recubre los dos tercios inferiores del cuello uterino no está sometida a los cambios consecuentes al ciclo menstrual.

Desde el punto de vista ginecológico, es de gran importancia la **citología exfoliativa**, que constituye el análisis de las células descamadas de la mucosa que tapiza las cavidades del aparato genital. El epitelio endocervical se renueva cada dos semanas, y su estudio citológico aplicado al diagnóstico precoz de cáncer de cuello uterino ha sido de gran importancia para la curación de estos procesos.

Miometrio (Fig. 12-9)

La capa muscular es el miometrio, que constituye la mayor parte de la estructura del útero. Contiene la máxima cantidad de fibras musculares en el fondo uterino, y desciende progresivamente hacia el istmo y el cuello. Además, las regiones anterior y posterior de la pared del cuerpo contienen más fibras musculares que las regiones laterales; de modo similar, las zonas más internas de la pared del cuerpo contienen más fibras musculares que las zonas externas.

[7] Martin Naboth, anatomista sajón, 1675-1721.

El miometrio está constituido por fibras musculares lisas, entremezcladas con vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. La presencia de numerosos vasos sanguíneos en el centro del miometrio establece una capa denominada **estrato vascular**, delimitado superficialmente por el **estrato supravascular** y en profundidad por el estrato **subvascular**, con menos vasos.

Esta diferenciación en tres capas coincide a su vez con una distribución de las fibras musculares siguiendo patrones diferentes en cuanto a su dirección a lo largo de las paredes uterinas. La **capa superficial** está constituida por fibras que se disponen fundamentalmente en sentido longitudinal; las fibras de la **capa media**, que contiene los grandes vasos sanguíneos, muestra un aspecto plexiforme, con una ordenación aparentemente anárquica; y de la **capa profunda** presenta sus fibras siguiendo un patrón preferentemente circular.

En el cuello uterino las fibras musculares no adoptan la misma disposición; muestran un patrón a modo de embudo, desde el orificio cervical interno al externo, que podría desempeñar un papel activo como efecto valvular para mantener el orificio normalmente cerrado o su dilatación durante el parto.

Durante la gestación, aumenta el contenido de fibras musculares en el cuerpo uterino y el istmo, y desaparecen las diferencias de concentración de fibras entre la pared anterior y posterior y las zonas laterales, y las internas y externas del cuerpo, mientras que en el cuello no se aprecian cambios tan llamativos.

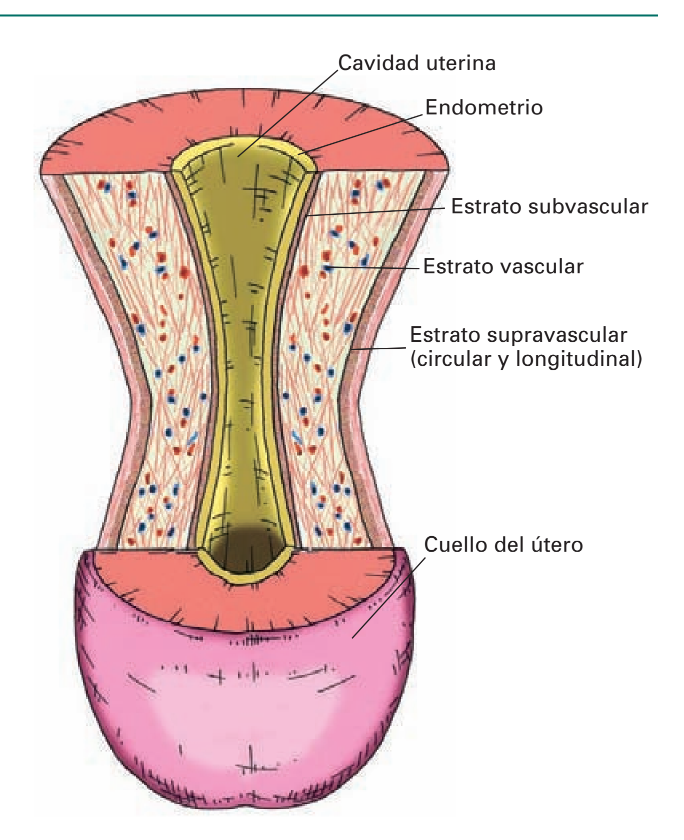


Figura 12-9. Representación esquemática de la estructura del útero. La zona del cuerpo ha sido seccionada frontalmente para observar las capas del miometrio.

Perimetrio

La capa serosa externa o peritoneal forma parte del peritoneo parietal inferior y constituye el **perimetrio**, bajo el cual se dispone una delgada capa subserosa; queda muy adherido al nivel del fondo y tercio superior de las caras vesical e intestinal, fundamentalmente es la línea media.

El perimetrio no tapiza los bordes laterales de la porción supravaginal del cuello y la parte más inferior de los bordes laterales del cuerpo; a este nivel se dispone el **parametrio**, tejido conjuntivo que se extiende lateralmente entre las hojas del ligamento ancho; es más escaso progresivamente hacia la parte más craneal del mismo.

Medios de fijación

Los medios de fijación del útero constituyen un grupo heterogéneo de estructuras que mantienen el órgano en su posición en la cavidad pélvica, dotándole además de movilidad.

Los medios de fijación vienen determinados por el **periné**, la **vagina**, en cuya cavidad se introduce el cuello uterino, y una serie de **formaciones ligamentosas**.

Formaciones ligamentosas

El útero se fija a las paredes de la pelvis y a las vísceras con las que se relaciona por medio de una serie de ligamentos: ligamento ancho, ligamento redondo y retináculo uterino.

El **ligamento ancho del útero** (Fig. 12-7) se describe en el capítulo correspondiente al peritoneo del espacio infraperitoneal.

Los **ligamentos redondos** (Figs. 12-5 y 12-7) del útero son dos cordones redondeados que se extienden desde los ángulos laterales del útero a las regiones inguinal y púbica, y atraviesan el conducto inguinal para terminar en el monte del pubis y los labios mayores de la vulva.

En el feto, el ligamento redondo se acompaña de una formación de peritoneo a modo de dedo de guante (el conducto peritoneovaginal) durante un corto trayecto en el conducto inguinal, que en ocasiones persiste permeable en la mujer adulta.

Durante su recorrido en el interior del ligamento ancho desplaza la hoja peritoneal anterior, formando la aleta anterior del ligamento ancho.

El **retináculo uterino**, de gran trascendencia desde el punto de vista ginecológico, está constituido por un grupo

de ligamentos y de tractos conjuntivos que originándose en el cuello uterino se extienden hacia las paredes de la pelvis, disponiéndose tres a cada lado:

Los **ligamentos útero-sacros** (Figs. 12-5, 12-7 y 12-8) (*pliegues rectouterinos* o *repliegues de Douglas*), constituidos por tejido conjuntivo y fibras musculares lisas, se originan en la cara posterior del cuello del útero, cerca de sus bordes laterales, y se dirigen hacia las caras laterales del recto para finalizar en la cara anterior del sacro. A lo largo de su trayecto hacen relieve sobre el peritoneo que los recubre, limitando lateralmente la excavación rectouterina. Ambos ligamentos útero-sacros se unen por detrás del cuello formando el rodete uterino (*ligamento de Petit*)[8].

Los **ligamentos útero-vésico-púbicos** (*pliegues uterovesicales*) constituyen simples pliegues peritoneales, con poco efecto ligamentoso, que recubren el tejido conectivo vesicopúbico que se prolonga hasta el útero.

Los **ligamentos cardinales** (*cervical transverso* o *de Mackenrodt*)[9] se fijan medialmente al cuello uterino y el fondo de saco vaginal lateral, y terminan en las paredes laterales de la pelvis, determinando la base o parte inferior del ligamento ancho.

La insuficiencia de los medios de fijación, o sus posibles lesiones a consecuencia de partos previos, unido al proceso de involución que caracteriza al útero durante la senectud, son factores fundamentales para comprender los procesos de un descenso o **prolapso** uterino, que puede requerir la extirpación del órgano o **histerectomía**.

Relaciones

Se describen en el capítulo correspondiente al espacio infraperitoneal.

Vascularización

Arterias (Fig. 15-83 y 15-85). El útero recibe su irrigación arterial principalmente de las **arterias uterinas**, ramas de las ilíacas internas, pero también de las **arterias ováricas** cranealmente y de las **arterias vaginales** caudalmente, formando anastomosis entre sí. Tras cruzar el uréter, la arteria uterina se dirige hacia el cuello del útero, ascendiendo de forma sinuosa (pues debe permitir su elongación durante la gestación) por el borde lateral del cuerpo, entre las dos hojas del ligamento ancho, a nivel del mesometrio. En el curso de su trayecto emite numerosas ramas para el cuerpo y el cuello del útero. Entre cuerpo y cuello hay una zona poco vascularizada, debido a la escasa comunicación entre sus correspondientes vasos arteriales. Emite ramas para la trompa uterina (arteria tubárica medial) y para otros órganos adyacentes (arterias vesicovaginales).

Venas. Las **venas uterinas**, más prominentes que las arterias, de paredes finas, drenan en densos **plexos uterinos**, localizados a ambos lados del útero, que cranealmente se anastomosan con los vasos ováricos, y caudalmente desembocan en los troncos ilíacos internos por medio de las venas uterinas.

Linfáticos (Fig. 15-88 y 15-89). Los linfáticos del útero se distribuyen en dos planos, uno **superficial** cubierto por el peritoneo, y otro **profundo**, incluidos en la pared uterina. Los del cuerpo uterino acompañan a los del ovario hasta los **ganglios lumbares**, aunque algunos se dirigen a los ganglios ilíacos externos. Los ganglios del cuello drenan hacia los ganglios **ilíacos externos** e **internos**.

Inervación

Los nervios del útero provienen del **plexo uterovaginal** (procedente del plexo hipogástrico inferior). Los nervios uterinos se dirigen hacia el cuello del útero y se relacionan con las arterias uterinas, constituyendo un plexo en el que se encuentran pequeños ganglios paracervicales, entre los que destaca uno de ellos, el ganglio cervical uterino. Posteriormente, envían ramos hacia el cuerpo uterino, y en la parte superior llegan hasta la trompa, y pueden comunicarse con los nervios tubáricos procedentes del plexo ovárico.

La inervación vegetativa simpática proporciona su fibra preganglionar desde los segmentos medulares duodécimo torácico y primero lumbar, y tras hacer sinapsis en el plexo hipogástrico inferior, emiten su fibra posganglionar a las redes nerviosas periarteriales. Su actividad produciría contracción uterina y vasoconstricción.

Aunque existen aún controversias, la inervación parasimpática proporcionaría su fibra preganglionar saliendo por las raíces medulares ventrales segunda, tercera y cuarta de la médula sacra (plexo pudendo), atravesaría el plexo hipogástrico inferior y haría sinapsis en los ganglios vegetativos parasimpáticos paracervicales, emitiendo una fibra posganglionar muy corta. Su actividad produciría relajación de la musculatura uterina y vasodilatación.

Existen datos clínicos de que la información aferente sensitiva, utilizando las estructuras del simpático, alcanzaría la médula espinal a través de la raíz dorsal de los tres últimos nervios torácicos y primero lumbar.

La dilatación del cuello uterino produce dolor; sin embargo, no es dolorosa la cauterización ni la extirpación de pequeñas muestras para biopsias.

[8] Francois Pourfour de Petit, anatomista y cirujano francés, 1664-1741.

[9] A. Karl Mackenrodt, ginecólogo alemán, 1859-1925.

VAGINA

La **vagina** es un conducto muy elástico destinado a la copulación y forma parte del canal del parto.

Situación (Fig. 12-5)

Se encuentra situada caudal al útero y se extiende hasta el vestíbulo de la vulva, ocupando una posición oblícua en sentido caudal y ventral, dorsal a la vejiga urinaria y la uretra y ventral al recto y el conducto anal.

> Esta posición permite las exploraciones clínicas de las vísceras pélvicas mediante tacto vaginal, complementadas mediante tacto rectal y palpación abdominal (exploración bimanual).

Forma (Figs. 12-5; 12-7)

Presenta una forma tubular, tan aplanada en sentido anteroposterior que cuando no está ocupada su cavidad es virtual. Su extremo superior se inserta en la porción vaginal del cuello uterino; extendiéndose su fijación más craneal en su parte posterior que en la anterior, zonas donde se encuentra formando la **cúpula vaginal**. Entre la cúpula vaginal y la porción intravaginal del cuello uterino se delimita un espacio circular o **fórnix vaginal**, que viene configurado por los fondos de saco anterior, laterales y posterior; éste último (*receptaculum seminis*) es el más profundo, y se relaciona con el fondo de saco rectouterino.

> Este fondo de saco se aprovecha en clínica para la palpación y la punción evacuadora de contenido peritoneal.

Estructura

La vagina posee una cavidad en su interior rodeada de una pared gruesa, constituida por tres capas concéntricas: la mucosa, la muscular y la envoltura conjuntiva externa.

La **cavidad** es sólo evidente cuando las paredes se separan, excepto en la cúpula vaginal; muestra una trayectoria caudoventral y describe una ligera concavidad dorsal. En una sección transversal de su parte inferior adopta habitualmente la forma de una H. Su superficie está recorrida por una serie de pliegues transversales, engrosamientos de la mucosa, denominados rugosidades o crestas, especialmente llamativas en los dos tercios inferiores (Fig. 12-7). También está presente en sus paredes anterior y posterior, y sólo en su mitad inferior, una eminencia longitudinal ancha y próxima a la línea media, las columnas rugosas de la vagina. La anterior es más voluminosa y termina en su parte inferior en el orificio vaginal, donde presenta un engrosamiento, la **carina uretral** de la vagina (*tubérculo de la vagina*), que se extiende hasta el orificio uretral externo; por su parte craneal se encuentra bifurcada a la altura del cuello vesical, delimitando el **triángulo vaginal** (*triángulo de Pawlick*)[10], que se corresponde con la porción de superficie de la vejiga que delimita el trígono vesical.

La capa **mucosa** está constituida por un epitelio plano estratificado, que se modifica cíclicamente, renovándose cada 7-8 días, como respuesta a los estímulos hormonales, aunque aún existen controversias en cuanto a la existencia real de un ***ciclo vaginal***, con cambios histológicos, similar al descrito en el endometrio.

> La **citología vaginal** se practica junto con la citología del cuello uterino como medio de diagnóstico precoz en carcinomas de cérvix, y fue también muy utilizada en la valoración hormonal como respuesta a la función ovárica o como técnica de control durante el tratamiento estrogénico.

La mucosa de la vagina no presenta glándulas. Las del cuello uterino son las que proporcionan el *moco* vaginal, caracterizado por su pH ácido, resultante de la acción fermentativa de las bacterias saprófitas sobre el abundante glucógeno presente en las células descamadas de la mucosa vaginal.

La capa **muscular** presenta un estrato superficial de fibras longitudinales y uno profundo de fibras circulares. Estas fibras musculares lisas se acompañan en el extremo inferior de la vagina de un grupo de fibras musculares estriadas dispuestas circularmente que constituye el músculo constrictor del vestíbulo de la vagina.

Se ha implicado a la contracción ondulante y rítmica de la capa muscular en el tercio inferior de la vagina como factor coadyuvante en la sensación de orgasmo.

> La acción patológica de este músculo produce vaginismo, que cursa con contracción involuntaria y dolorosa durante el tacto vaginal o el coito.

La capa conjuntiva externa o **túnica esponjosa** de tejido celular que rodea la vagina se caracteriza por presentar un gran plexo de vasos sanguíneos.

Vascularización

Arterias (Fig. 15-83). Las arterias que riegan la vagina proceden de las arterias **vaginal**, **uterina**, **pudenda interna** y **rectal media**, que forman numerosas anastomosis entre sí y con las del lado opuesto.

---

[10] Karel J. Pawlik, ginecólogo de Praga, 1849-1914.

Venas. Las venas forman plexos a los lados de la vagina que drenan a través de las **venas vaginales** en las venas ilíacas internas tras presentar numerosas anastomosis con los plexos venosos de las vísceras adyacentes.

Linfáticos (Fig. 15-88). Los vasos linfáticos que siguen a las venas uterinas llegan a los **ganglios ilíacos externos** y los que siguen a las venas vaginales abordan fundamentalmente a los **ganglios ilíacos internos** y los **ganglios ilíacos comunes**.

Inervación

Los nervios de la vagina provienen del **plexo uterovaginal** (procedente del plexo hipogástrico inferior) y acompañan a las arterias vaginales y sus ramas para distribuirse por las paredes de la vagina; distribuyen la información simpática. La información parasimpática está vehiculada por las ramas colaterales del plexo pudendo, hasta encontrar los ganglios en las paredes de la vagina.

La información sensitiva aprovecha las estructuras del simpático, aunque la parte inferior de la vagina recibe también algunas ramificaciones del nervio pudendo. Además, la parte anterior de la vagina podría estar menos inervada que la posterior.

GENITALES EXTERNOS: LA VULVA

Están situados en el periné anterior y en conjunto reciben el nombre de **vulva** (Figs. 12-10 y 12-11).

La vulva está constituída por el **monte del pubis,** los **labios mayores** (generalmente son las únicas partes visibles de los órganos genitales externos) y las estructuras que se encuentran entre éstos: los **labios menores**, el **clítoris**, el **vestíbulo de la vagina**, los **bulbos del vestíbulo vaginal** y las **glándulas vulvovaginales**.

LABIOS MAYORES Y MONTE DEL PUBIS

Los **labios mayores** constituyen la parte más voluminosa de los órganos genitales externos femeninos y forman los límites de la **hendidura pudenda** (*hendidura vulvar*). Consisten en dos pliegues cutáneos prominentes y redondeados, más estrechos dorsalmente, donde se aproximan a la línea media formando la **comisura posterior**, por delante del ano. Ventralmente van aumentado de tamaño y se aproximan a la línea media uniéndose para formar la **comisura anterior**, que termina en una elevación media constituyendo el **monte del pubis** (*monte de Venus*), situado sobre la sínfisis del pubis y cubierto de pelo.

El área cubierta de pelo presenta un límite superior aproximadamente horizontal, mientras que en el hombre, el límite asciende hasta el ombligo, detalles de estos caracteres sexuales secundarios que son orientativos durante la inspección clínica.

Cada labio muestra dos superficies, una externa, separada del muslo por el surco genitofemoral, pigmentada y cubierta de pelo a partir de la pubertad, que se continúa con el del monte del pubis, y otra interna, lisa y rosada, relacionada con el labio menor, con el que limita el profundo **surco interlabial**.

Estructura

Los labios mayores están constituidos por una gran variedad de tejidos que se disponen de forma estratificada: la piel, una capa de fibras musculares lisas que forman el dartos de los labios mayores, un panículo adiposo subcutáneo, una lámina fibroelástica que llega hasta el ligamento suspensorio del clítoris y el cuerpo adiposo del labio mayor, de aspecto semilunar, que contiene grandes venas, lo que le permite ser un órgano semieréctil. Grandes folículos sebáceos se abren a la superficie interna de los labios mayores.

El ligamento redondo del útero finaliza en la piel y el tejido adiposo y fibroelástico del labio mayor. Un conducto peritoneo-vaginal y una hernia inguinal congénita pueden llegar hasta el labio mayor.

La eminencia del monte del pubis está determinada estructuralmente por una gruesa capa de tejido graso invadida por fibras del ligamento suspensorio del clítoris y de la lámina fibroelástica de los labios mayores.

LABIOS MENORES

Los **labios menores** de la vulva (*ninfas*) son dos pliegues cutáneos de aspecto mucoso situados entre los labios mayores. Presentan dos caras, una lateral, separada del labio mayor por el surco interlabial, y otra medial, que delimita con la del lado opuesto el vestíbulo de la vagina. Sus extremos posteriores disminuyen de tamaño y terminan uniéndose gradualmente con la superficie medial de los labios mayores, y formando en la mujer joven el **frenillo de los labios de la vulva**, un pliegue transversal ligeramente elevado que une los extremos posteriores de los labios menores. Sus extremos anteriores están divididos en dos pliegues, uno superior, que se continúa por la cara dorsal del clítoris con el del lado opuesto, formando el **prepucio del clítoris**, y otro inferior, que se continúa con el del lado opuesto, constituyendo el **frenillo del clítoris** en su cara inferior.

Estructura

Los labios menores de la vulva están constituidos por un repliegue cutáneo de aspecto liso y húmedo, de coloración rosada, con abundantes glándulas sebáceas, mostrando en profundidad un tejido conjuntivo y elástico.

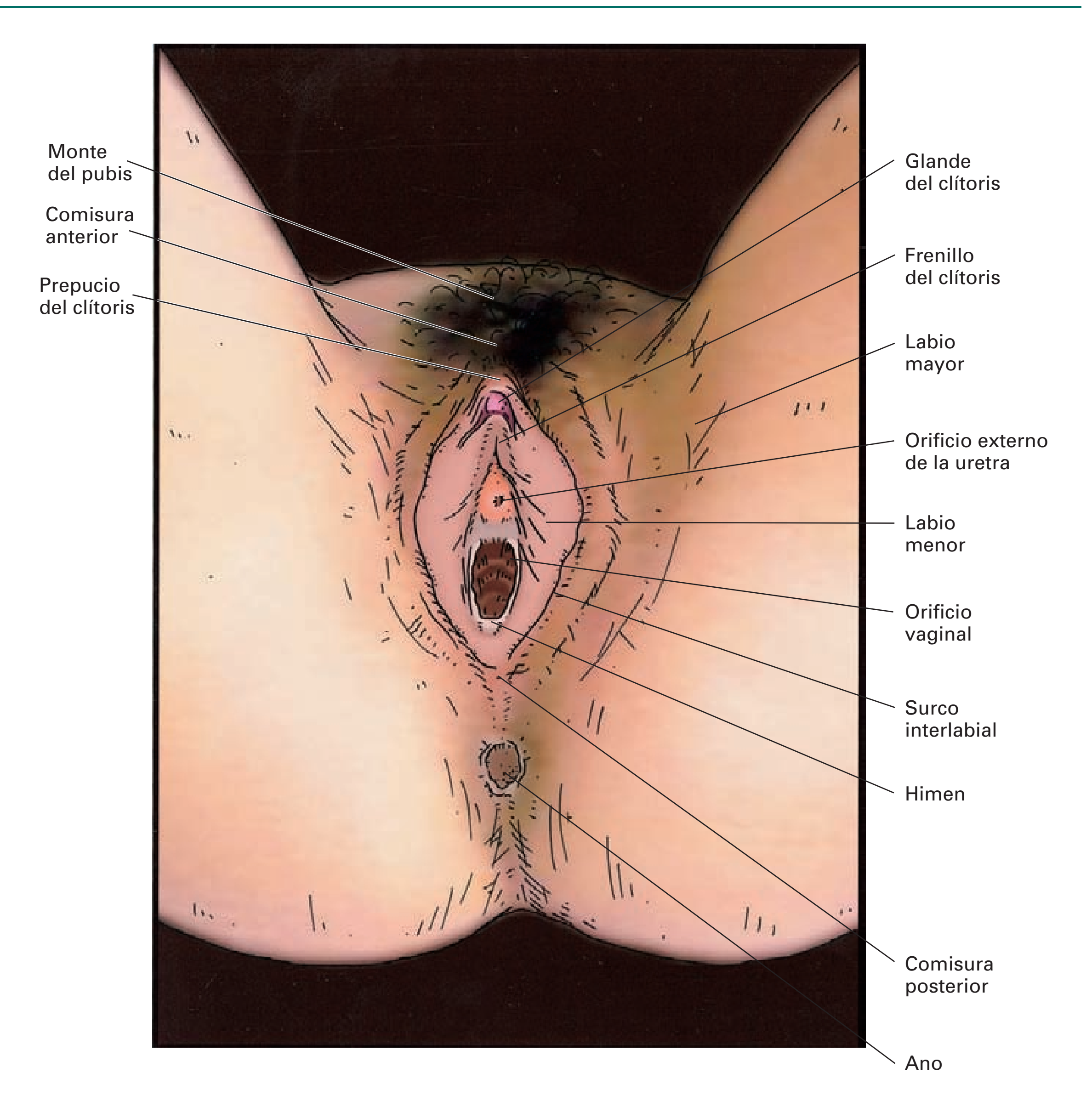


Figura 12-10. Esquema de los genitales externos femeninos observados con los muslos en abducción (posición ginecológica).

CLÍTORIS

El **clítoris** es un órgano eréctil localizado en una situación posterior e inferior con respecto a la comisura anterior de los labios mayores, constituido por el **cuerpo** y el **glande**, y delimitado craneal y caudalmente por el prepucio y el frenillo del clítoris, respectivamente.

Estructura (Fig. 12-11)

Bajo la piel del cuerpo del clítoris y de una delgada capa de tejido celular se dispone la **fascia clitorídea**, sobre la cual termina el **ligamento suspensorio del clítoris**, procedente de la línea alba y la lámina fibroelástica de los labios mayores.

Las estructuras eréctiles están constituidas por los **cuerpos cavernosos**, que desde su inserción en el borde inferior de las ramas isquiopúbicas se extienden en dirección ventral y craneal para unirse en la línea media, bajo la sínfisis del pubis, y constituir el cuerpo del clítoris, que finaliza distalmente en un pequeño tubérculo de tejido esponjoso eréctil determinando el glande del clítoris.

Los cuerpos cavernosos están recubiertos medialmente por los **músculos isquiocavernosos**, que se insertan en las ramas isquiopúbicas y terminan en las paredes albugíneas de los cuerpos cavernosos.

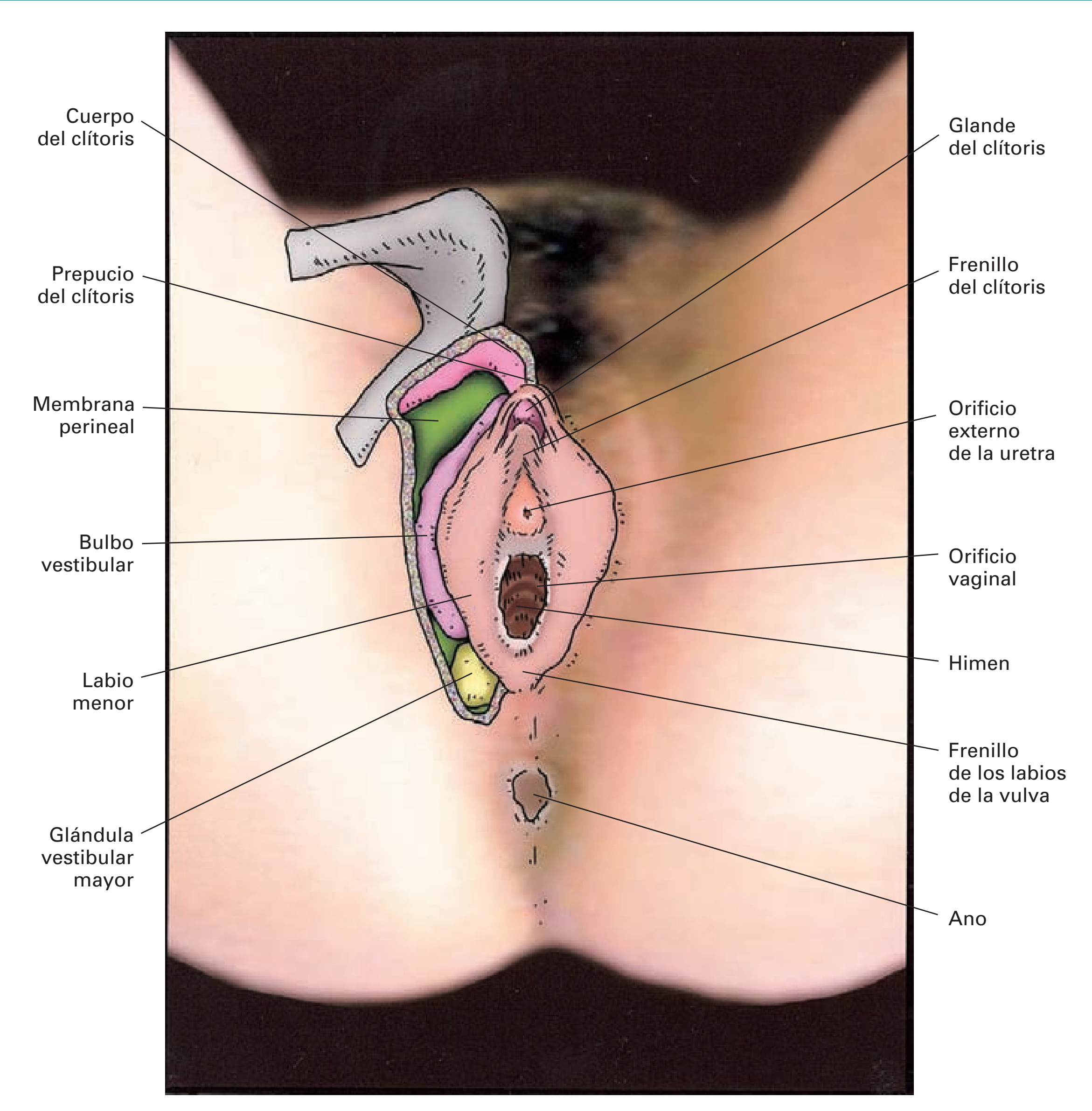


Figura 12-11. Esquema de los genitales externos femeninos mostrando en el lado izquierdo la disposición de los órganos eréctiles y de las glándulas vestibulares mayores.

VESTÍBULO DE LA VAGINA

El **vestíbulo de la vagina** es la hendidura determinada entre los labios menores. En él se encuentran el orificio uretral externo y el orificio vaginal, y entre ambos, numerosas glándulas vestibulares menores.

El **orificio uretral externo** está situado inmediatamente por delante del orificio vaginal, caudal y dorsal al glande del clítoris, con el aspecto de una hendidura en forma de V invertida, de bordes prominentes, constituyendo en ocasiones una formación elevada, la papila uretral. A cada lado se encuentran los orificios de los conductos correspondientes a las glándulas de Skene[11], incluidas en la pared de la uretra y destinadas a producir una secreción mucosa.

El **orificio vaginal** (*introito vaginal*) es una hendidura situada en la línea media por debajo y dorsal al orificio uretral externo, separado de él por la carina uretral de la vagina, con una gran capacidad de distensión durante el parto. Entre el orificio vaginal y el frenillo de los labios de la vulva se constituye una depresión a nivel del vestíbulo denominada (**fosa del vestíbulo de la vagina**). El orificio vaginal se encuentra parcialmente cerrado por el **himen vaginal**, un delgado pliegue de mucosa adherido lateralmente a los labios menores delimitando entre ellos un surco curvo denominado **surco ninfohimeneal**.

El himen presenta una forma y extensión muy variables: circular, bilabiado, unilateral, cribiforme, etc. En ocasiones se muestra completo (himen imperforado) y requiere una incisión para permitir la menstruación. Cuan-

[11] Alexander J. Skene, médico norteamericano, 1838-1900.

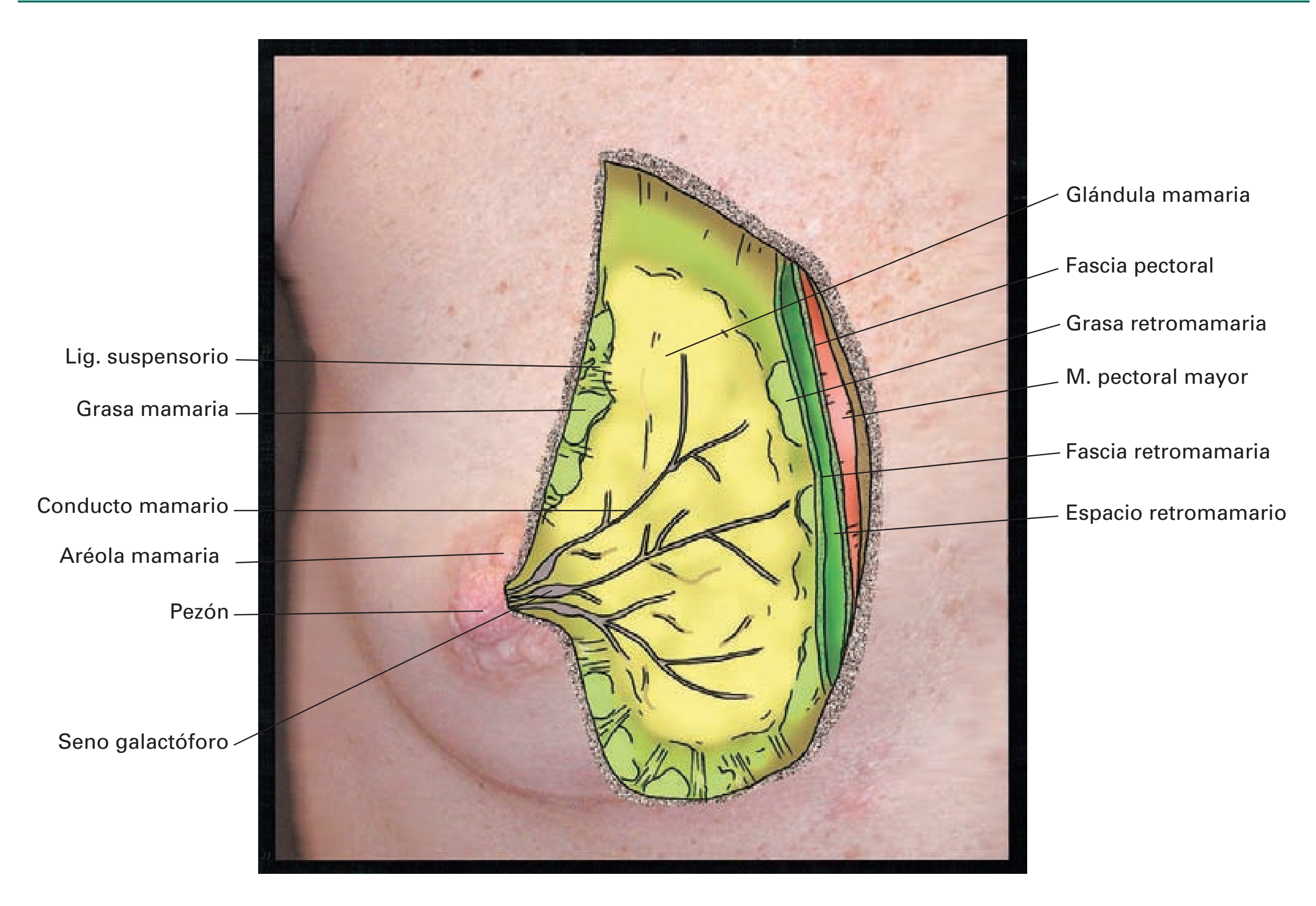


Figura 12-12. Visión anterior de la mama derecha. La piel de la mitad izquierda ha sido resecada para mostrar esquemáticamente su estructura.

do el himen se desgarra en el coito forma unos colgajos denominados lóbulos himeneales; durante el parto los desgarros son más llamativos y los lóbulos himeneales son sustituidos por unos tubérculos irregulares llamados carúnculas himeneales (*mirtiformes*).

BULBOS DEL VESTÍBULO VAGINAL (Fig. 12-11)

Los **bulbos del vestíbulo** son dos órganos eréctiles, de aspecto alargado, separados por el vestíbulo de la vagina, excepto en la parte más anterior, donde están unidos por la **comisura media**, localizada ventral al orificio de la uretra y conectada al glande del clítoris por una fina banda de tejido eréctil. Sus extremos posteriores están ensanchados y en contacto con las glándulas vulvovaginales. Sus caras profundas están en contacto con la hoja inferior de la aponeurosis perineal media y superficialmente están tapizados por el **músculo bulboesponjoso**.

GLÁNDULAS VULVOVAGINALES

Las **glándulas vulvovaginales** (*glándulas vestibulares mayores* o *glándulas de Bartolino*)[12] se sitúan a cada lado de la parte inferior de la vagina, por detrás de los bulbos vestibulares ocultas por las fibras del músculo constrictor del vestíbulo de la vagina y la fascia superficial del periné. Su volumen es variable. Son pequeñas en la pubertad y a partir de entonces aumentan de tamaño para disminuir después de la menopausia. Poseen un largo y delgado conducto excretor que perfora la fascia superficial del periné y se abren al vestíbulo a nivel del surco ninfohimeneal.

> La **bartolinitis** es la afectación inflamatoria de las glándulas de Bartolino. Se acompaña de hinchazón de la zona y un dolor muy vivo incluso al caminar. El pus se acumula obstruyendo el conducto excretor.

Vascularización

Arterias (Figs. 15-106, 15-109 y 15-82). La vascularización arterial procede de las **arterias pudendas externas** (ramas de la arteria femoral) que vascularizan principalmente el monte del pubis y la parte más anterior de los

[12] Casper Bartholin, anatomista danés, 1655-1738.

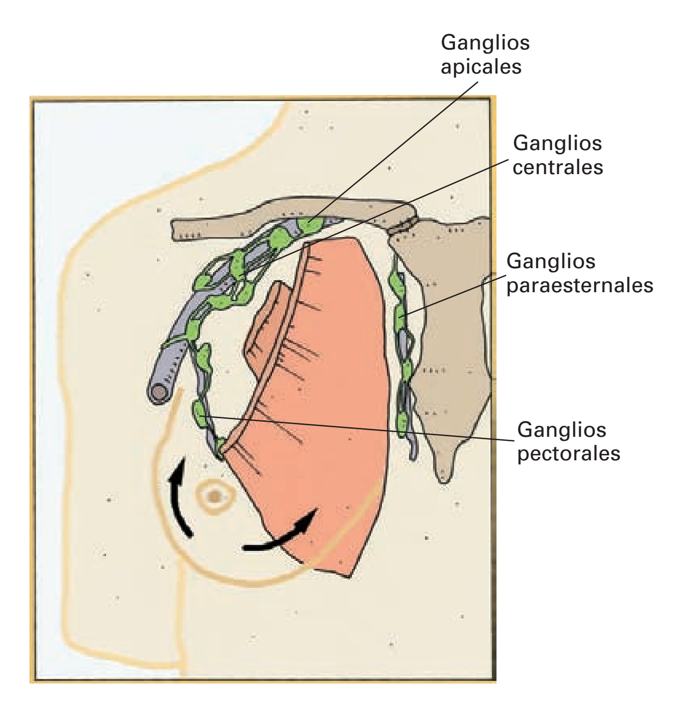


Figura 12-13. Representación esquemática del drenaje linfático de la mama.

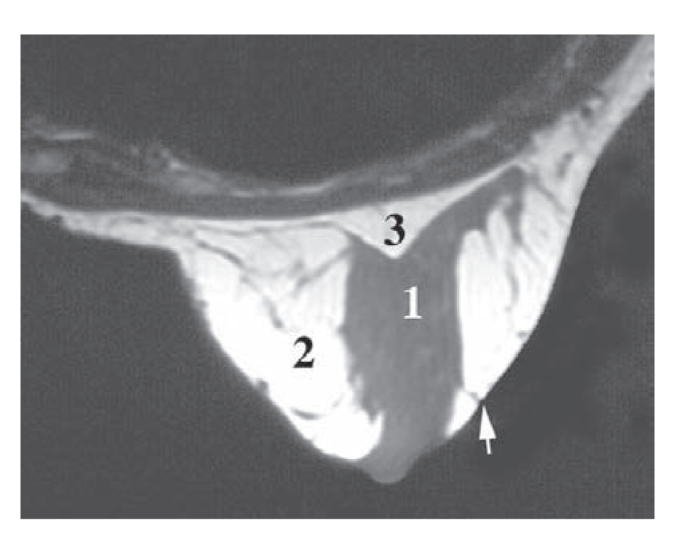


Figura 12-14. RM axial de la mama. 1) Glándula mamaria. 2) Grasa mamaria. 3) Tejido adiposo retromamario. Ligamentos suspensorios de la mama (flecha).

labios mayores y menores, y de la **arteria pudenda interna** (rama de la arteria ilíaca interna) que vasculariza fundamentalmente la parte posterior de los labios mayores y menores y los bulbos del vestíbulo. El clítoris está vascularizado por la arteria profunda del clítoris, rama de la pudenda interna. El glande recibe además las arterias dorsales del clítoris, ramas de las arterias profundas procedentes de la pudenda interna.

> La irrigación arterial de la vulva es masiva, por lo cual las hemorragias por lesiones de la vulva pueden ser muy importantes.

Venas. Las venas del monte del pubis y de los labios mayores y menores se dirigen a las **venas pudendas externas** y a las **venas pudendas internas** a través de las venas perineales. Las venas de los bulbos del vestíbulo y de las glándulas vulvovestibulares drenan en la vena pudenda interna. La sangre de las venas del clítoris es recogida por las venas clitorídeas superficiales y profundas, que recorren la cara dorsal del clítoris, separadas entre sí por la fascia clitorídea, y terminan drenando en la vena safena mayor las superficiales y en la vena ilíaca interna las profundas a través de las venas vaginales.

Linfáticos (Fig. 15-120). Los vasos linfáticos de la vulva se dirigen hacia los **ganglios linfáticos inguinales superficiales**. Algunos vasos linfáticos del clítoris buscan los **ganglios linfáticos inguinales profundos** y los **ilíacos externos**.

Inervación

La inervación vegetativa simpática es vehiculada por los **nervios vaginales,** que se distribuyen por las paredes de la vagina, los bulbos vestibulares, el clítoris y las glándulas vulvovaginales.

La inervación vegetativa parasimpática preganglionar es vehiculada por los nervios espinales sacros segundo y tercero, a veces directamente y a veces unidos a los plexos pélvicos simpáticos, para alcanzar pequeños ganglios diminutos en la proximidad de los órganos, de donde se origina la fibra posganglionar, confiriendo un efecto vasodilatador sobre el tejido eréctil.

La inervación aferente sensitiva de la zona anterior de la vulva es recogida por los nervios **ilioinguinal** y la **rama genital del genitofemoral** (Fig. 17-28), ramas del plexo lumbar (del primer segmento lumbar de la médula espinal). Además, el **nervio dorsal del clítoris** (Fig. 15-82), una de las dos ramas terminales del nervio pudendo interno, se ramifica en el clítoris, el prepucio y la parte superior de los labios menores. La zona posterior de la vulva envía su información sensitiva por el nervio perineal (la otra rama terminal del nervio pudendo interno) y el cutáneo posterior del muslo, rama del plexo sacro (del tercer segmento sacro).

LA MAMA

Situadas en la cara anterior del tórax, las **mamas** o senos son dos relieves ovoideos, uno a cada lado de la línea media, de una forma y un tamaño muy variables. En el varón

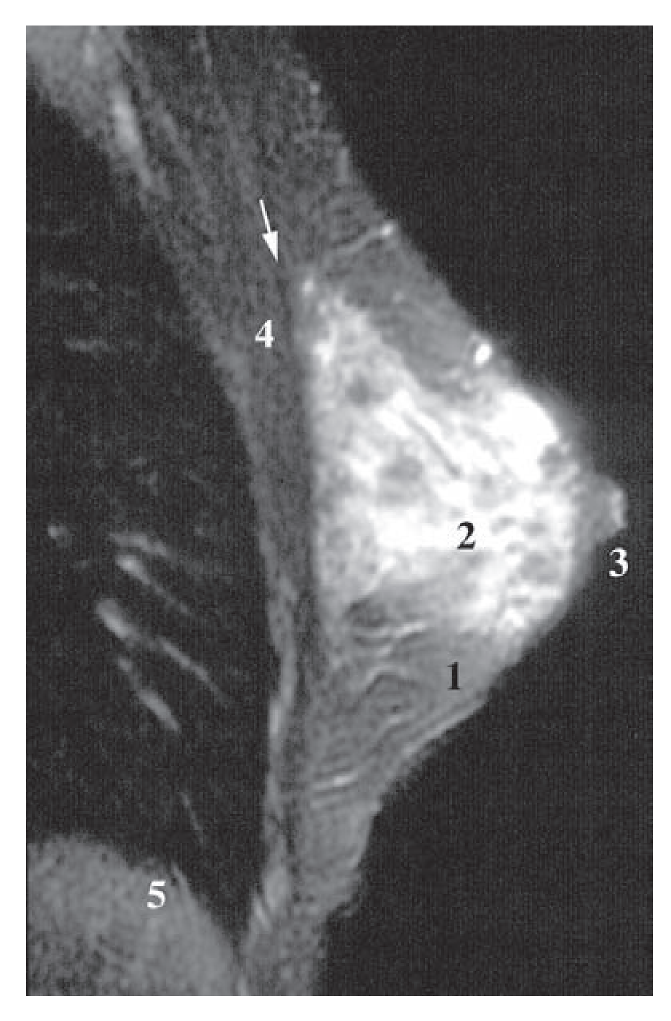


Figura 12-15. RM sagital de la mama. 1) Grasa mamaria. 2) Glándula mamaria. 3) Pezón. 4) Músculo pectoral mayor. 5) Diafragma. Espacio retromamario (flecha).

es rudimentaria y éste se diferencia de la mujer en que no desarrolla glándula mamaria.

Nos centraremos obviamente en el análisis de **la mama femenina**, que comienza a crecer gradualmente a partir de la pubertad bajo la influencia de las hormonas ováricas (estrógenos y progesterona, secreción controlada por la FSH y LH, hormonas hipofisarias secretadas en respuesta a la GnRH hipotalámica).

> La mama es asiento frecuente de **cáncer** (rarísimos en el varón). Suele ser también asiento de tumores benignos, así como inflamación y abcesos.

Localización

Su posición es ventral a los músculos pectoral mayor, región anterior del serrato anterior y región craneal del músculo oblicuo externo del abdomen, proyectándose entre la 3.ª y 7.ª costillas, desde el borde lateral del esternón hasta la línea media axilar.

Forma (Fig. 12-12)

De forma cónica, presentan un vértice donde se diferencian la **aréola mamaria** y el **pezón**.

La **aréola mamaria** es de color rosáceo en las nulíparas y color marrón en el resto. Muestra unas 15-20 pequeñas elevaciones denominadas *tubérculos de Morgagni*[13], que durante el embarazo y la lactancia aumentan de tamaño y se denominan *tubérculos de Montgomery*[14] (se trata de glándulas sebáceas modificadas de la aréola mamaria).

El **pezón** tiene forma de cono truncado y muestra los orificios de desembocadura de los **conductos galactóforos** (en número de 15 a 20). Subyacentes se encuentran fibras musculares lisas responsables de la erección del pezón.

> La presencia de pezones supernumerarios o politelia a lo largo de una línea que se extiende desde la axila a la ingle es una anomalía congénita que puede acompañarse de tejido glandular (**polimastia**).
>
> Como consecuencia de un desarrollo incompleto puede aparecer un pezón retraído; sin embargo, la causa más frecuente de retracción suele ser la presencia de un carcinoma subyacente que tira de los conductos galactóforos.

Estructura (Figs. 12-12, 12-14 y 12-15)

Bajo la piel y el tejido celular subcutáneo, la mama contiene la **glándula mamaria**, de aspecto semiesférico (aunque suele presentar dos prolongaciones: una inferior, hacia la vaina del recto y del abdomen, y otra superoexterna, hacia la axila, **prolongación axilar**), con una superficie anterior muy irregular y una posterior aplanada.

La superficie anterior de la glándula mamaria muestra una serie de crestas, de estructura fibroglandular, que se prolongan hasta la piel constituyendo septos o tabiques, que configuran el **ligamento suspensorio** de la mama (ligamentos de Cooper)[15], estableciendo compartimentos del tejido adiposo con una cantidad variable de grasa (importantes como determinantes de signos clínicos y radiológicos en la patología mamaria). El vértice de la mama, constituido por la aréola y el pezón, está exento de estas formaciones adiposas y presenta pequeños haces de fibras musculares lisas. Tras la menopausia, el tejido adiposo de la mama puede reducirse, disminuyendo de volumen y perdiendo la forma semiesférica.

---

[13] Giovanni Battista Morgagni, anatomista y patólogo italiano, 1682-1771.

[14] William Fetherstone Montgomery, ginecólogo irlandés, 1797-1858.

[15] Sir Astley Paston Cooper, cirujano inglés, 1768-1841.

La forma y el tamaño de la mama dependen fundamentalmente de la cantidad de tejido adiposo, mientras que durante el embarazo y la lactancia crece a expensas del tejido glandular.

La superficie posterior de la glándula mamaria, ligeramente cóncava, está separada del músculo pectoral mayor por el **espacio retromamario**, un espacio de deslizamiento que permite el desplazamiento de la glándula sobre la pared torácica. El espacio retromamario está recorrido en sentido cráneo-caudal por la fascia retromamaria, que se extiende desde la clavícula en sentido caudal. La presencia de esta fascia divide el espacio retromamario en un compartimento anterior, que contiene el tejido adiposo retromamario, y un compartimento posterior, que no posee grasa y constituye el verdadero espacio de deslizamiento.

Estas relaciones son de interés clínico y quirúrgico, dado que el tratamiento del cáncer de mama implica una intervención quirúrgica con extirpación del tumor, de intensidad dependiente de la agresividad del mismo. Desde la exéresis local hasta una mastectomía radical, que implica exéresis del tumor y resto del tejido glandular, amplia extirpación cutánea y de ambos músculos pectorales, así como completa linfadenectomía axilar. Las prótesis de silicona son actualmente muy empleadas para la reconstrucción del volumen mamario.

Glándula mamaria

Está constituida por 15-20 lóbulos productores de secreción láctea, dispuestos radialmente en dirección al pezón. Cada **lóbulo** está formado por **lobulillos**, que contienen pequeños grupos de glándulas secretoras de leche, los **alvéolos** (*acinos*). Durante la lactancia, la leche producida en los alvéolos es conducida por los **túbulos secundarios** a los **conductos mamarios**, los cuales en la proximidad del pezón se dilatan formando los **senos lácteos** o **galactóforos**, donde se acumula la leche entre cada toma del lactante; finalmente se continúan con los **conductos galactóforos**, que desembocan en el pezón.

La producción de leche está controlada por la prolactina, la progesterona y los estrógenos. El mecanismo de succión induce la liberación de oxitocina desde la neurohipófisis, provocando la expulsión de la leche.

Vascularización

Arterias (Figs. 15-72y 15-94). La vascularización arterial procede de las **arterias intercostales**, de la **torácica interna**, rama de la subclavia, y de las **torácica lateral** y **acromio-torácica**, ramas de la arteria axilar.

Venas. Las venas siguen un trayecto similar e inverso al arterial.

Como signo de embarazo es frecuente la presencia de una red venosa superficial.

Linfáticos (Fig. 12-13). Los linfáticos de la mama se reúnen en cuadrantes. Los vasos linfáticos de los cuadrantes mediales perforan los primeros espacios intercostales y penetran en el tórax, drenando en los **ganglios paraesternales**. Los vasos linfáticos de los cuadrantes laterales de la mama desembocan en el grupo anterior de los **ganglios axilares** (localizados junto al borde inferior del músculo pectoral mayor). Algunos vasos linfáticos comunican con los de la mama contralateral y con los de la pared anterior del abdomen.

La distribución de los linfáticos, fundamentalmente de la axila (ganglio centinela), es de gran interés desde el punto de vista de la diseminación de los tumores malignos, ya que la mayor incidencia de los carcinomas de mama tiene lugar en el cuadrante súpero-externo y en la prolongación axilar.

Inervación

Desde los **nervios intercostales** o torácicos, del 4.º al 6.º, llegan fibras vegetativas a la mama, sin embargo, su actividad secretora es principalmente hormonodependiente. Además, el pezón está finamente inervado, enviando la información aferente sensitiva a través de los nervios intercostales.

SECCIÓN VIII

SISTEMA INMUNITARIO

CAPÍTULO 13

Sistema inmunitario

CONCEPTOS GENERALES
ORGANIZACIÓN GENERAL
ÓRGANOS LINFOIDES PRIMARIOS
ÓRGANOS LINFOIDES SECUNDARIOS

CONCEPTOS GENERALES

El **sistema inmunitario** tiene como función primordial la defensa del organismo. Puede definirse como el conjunto de células (principalmente **linfocitos y células fagocíticas**) y de moléculas responsables de la inmunidad. Se denomina respuesta inmunitaria a la actuación coordinada del sistema inmunitario frente a un agente (antígeno) generalmente microbiano, aunque puede ser no microbiano o incluso una estructura del propio organismo.

La habilidad especial del sistema es su capacidad para reconocer moléculas, y para ello «patrulla» continuamente por el organismo defendiéndole de lo extraño y manteniendo su identidad. Es capaz de reconocer lo extraño para destruirlo y lo propio para no atacarlo. La ausencia de reacción del sistema frente a las propias estructuras se denomina *autotolerancia*.

Este sistema es de excepcional importancia en las enfermedades infecciosas, el cáncer o el rechazo de órganos trasplantados.

El sistema puede ser deficiente para llevar a cabo su función; se habla entonces de **enfermedades por inmunodeficiencia**, que se clasifican en **congénitas** y **adquiridas** (como el SIDA). En las inmunodeficiencias se altera algún elemento de la respuesta inmunitaria, que no cumple adecuadamente su función de defensa dejando al organismo a merced de las infecciones. Una característica típica de las inmunodeficiencias es la aparición frecuente y grave de enfermedades infecciosas, provocadas muchas veces por microorganismos de escasa patogenicidad que en un sujeto normal no producirían grandes problemas.

En otras ocasiones, la respuesta inmunitaria es exagerada y produce enfermedades denominadas de **autoinmunidad** y de **hipersensibilidad**. La **alergia** (el trastorno inmunitario más frecuente) es una reacción excesiva, rápida y anómala del sistema inmunitario frente a una sustancia o material extraño con el que ha tenido un contacto previo. En las enfermedades autoinmunitarias hay un fallo en el mecanismo de autotolerancia, y el sistema ataca componentes propios. Enfermedades frecuentes, como la **artritis reumatoide** (inflamación de las articulaciones) o la diabetes, son trastornos de autoinmunidad. Posiblemente, en la base de muchas enfermedades de mecanismo aún no bien conocido estén implicados fenómenos de autoinmunidad.

La inmunidad puede ser **natural** o **innata** y **adaptativa** o **adquirida**, si bien ambos tipos están íntimamente relacionados.

La inmunidad **natural** es la existente en un organismo antes de tener contacto con el antígeno. Es inmediata e inespecífica. Son elementos que participan en la inmunidad natural las **barreras cutaneomucosas**, los **fagocitos**, un tipo especial de célula citotóxica denominado **célula citolítica** o **célula NK** (del inglés *natural killer*), el sistema del complemento o los interferones, entre otros.

La inmunidad **adaptativa** es un sistema más complejo de defensa, que se caracteriza por una extraordinaria espe-

cificidad para reaccionar contra cualquier sustancia extraña. Esta inmunidad se denomina adquirida, debido a que se desarrolla como respuesta al antígeno. Los componentes fundamentales de la inmunidad adaptativa son los **linfocitos**. Estas células tienen una característica que las diferencia del resto, su capacidad de expandirse clonalmente tras un primer contacto con el antígeno. Ello asegura que en sucesivos contactos con el mismo antígeno la respuesta será más rápida e intensa. A este proceso, esencial en la respuesta inmunitaria, se le denomina **memoria inmunitaria**.

Con fines didácticos, la respuesta adquirida puede dividirse en dos tipos: **humoral** y **celular** (aunque realmente toda la inmunidad es celular).

La **inmunidad humoral** está mediada por los **linfocitos B**[1], los cuales producen moléculas de *anticuerpos* que vierten al torrente sanguíneo. La misión de los anticuerpos es reconocer específicamente las toxinas y los microbios extracelulares, neutralizándolos mediante la reacción antígeno-anticuerpo y facilitando su eliminación por los fagocitos. Los anticuerpos son *gammaglobulinas*. En la especie humana hay cinco clases: *inmunoglobulina M (IgM), G (IgG), E (IgE), A (Iga)* y *D (IgD)*. Los linfocitos B producen los anticuerpos al transformarse en **células plasmáticas**.

En la **inmunidad celular** el efecto se produce directamente por los **linfocitos T**[2]. Estas células tienen en su superficie receptores para los antígenos y no producen anticuerpos, sino otro tipo de moléculas denominadas *citocinas*. Los linfocitos T actúan frente a virus o bacterias que se introducen en el interior de las células, donde los anticuerpos no pueden llegar, y ayudan a la célula fagocítica a destruirlo, o bien matan directamente a la célula infectada. Los linfocitos T son de dos tipos principales: **linfocitos T colaboradores** y **linfocitos T citolíticos**. Los T colaboradores producen moléculas denominadas *citocinas*, las cuales estimulan la proliferación y diferenciación de las células B, T y de los macrófagos. Los linfocitos T citolíticos son los encargados de destruir las células infectadas o extrañas.

El rechazo de un injerto o de un trasplante, o la destrucción selectiva de células cancerosas, son ejemplos característicos de inmunidad celular. En el SIDA (**síndrome de inmunodeficiencia adquirida**), el virus VIH causante, de la enfermedad invade los linfocitos T colaboradores y los destruye. Con el tiempo, el sujeto se hace más susceptible a las infecciones, las cuales, en algún momento, le provocarán la muerte. La búsqueda de una vacuna contra el SIDA es uno de los grandes retos de la ciencia actual.

[1] Se denominan linfocitos B porque fueron descubiertos en la bolsa de Fabrizius de los embriones de aves, lugar donde se desarrollan en estas especies.

[2] El nombre de linfocitos T se debe a que se desarrollan en el timo.

En la inmunidad adaptativa actúan, además de los linfocitos, las *células accesorias* del sistema inmunitario. Estas células inician y contribuyen a desarrollar la respuesta inmunitaria. Son células accesorias el **sistema de fagocitos mononucleares** y las **células dendríticas**.

El **sistema de fagocitos mononucleares** está originariamente formado por los **monocitos**. Éstos se forman en la médula ósea y migran a los diferentes tejidos donde maduran y se transforman en **macrófagos**. Hay macrófagos en todo el organismo; en algunos sitios tienen una denominación especial: **microglía** (en el sistema nervioso central), **células de Kupffer**[3] (en el hígado), **macrófagos alveolares** (en el pulmón) y **osteoclastos** (en el hueso). Este sistema tiene como misión fundamental eliminar por fagocitosis los elementos extraños o dañados del organismo.

Las **células dendríticas** forman, junto con los macrófagos, las denominadas células presentadoras de antígeno. Sin ayuda de estas células, los linfocitos T son incapaces de reconocer las moléculas extrañas. Estas células pueden ser inmaduras o interdigitantes. Las **células dendríticas inmaduras** se encuentran en la piel o en las formaciones linfoides de las mucosas; captan el antígeno y migran por la linfa hacia los ganglios linfáticos donde se transforman en **células dendríticas interdigitantes** o maduras, las cuales presentan el antígeno a los linfocitos T y los activan. Hay también células dendríticas interdigitantes en el timo y en el bazo.

ORGANIZACIÓN GENERAL

El sistema inmunitario es un sistema difuso, móvil y de organización compleja. Sim embargo, es precisamente la organización anatómica de sus células y su capacidad de circular por el organismo, lo que le confiere su importancia y capacidad defensiva.

Las dimensiones del sistema son enormes. Se ha calculado que en el ser humano pesa un kilogramo y que de su componente principal, los linfocitos, hay continuamente y en permanente renovación la cantidad de 10^{12}.

Las **células** del sistema pueden encontrase *aisladas* y libres (bien en la circulación o bien en el interior de los tejidos) o *agrupadas*, formando **órganos linfoides**. Los órganos linfoides son distintos anatómica y funcionalmente, y esta diversidad es imprescindible para llevar a cabo adecuadamente la respuesta inmunitaria.

Los órganos linfoides se clasifican en **primarios** y **secundarios**. Son **órganos primarios** la **médula ósea** y el **timo**; y **órganos secundarios** los **ganglios linfáticos**, el **bazo**, los **tejidos linfoides asociados a mucosas** y los **tejidos linfoides asociados a la piel**.

Los órganos linfoides primarios son aquéllos en los que tiene lugar la producción o la maduración de los linfocitos

[3] Descritas por el histólogo alemán Karl Wilhelm von Kupffer (1829-1902).

para transformarse en células inmunocompetentes a partir de la **célula madre pluripotencial** o **precursor linfoide**. Los linfocitos B se diferencian en la médula ósea y los linfocitos T en el timo. Debe señalarse que los dos tipos de células madre linfocitarias (**células pro-B** y **células pro-T**) se generan en la médula ósea a partir de un progenitor común.

Los órganos linfoides secundarios son los sitios donde tienen lugar las respuestas inmunitarias. Se podría decir que los órganos primarios son las «fábricas» de los linfocitos, y los órganos secundarios sus «lugares de trabajo».

Evolución

El sistema inmunitario del ser humano, y de los mamíferos en general, es uno de los resultados más complejos y asombrosos de la evolución, comparable al sistema nervioso. Se ha formado a partir de los sistemas de organismos más antiguos a lo largo de cientos de millones de años.

En cierto modo, es obvio que los sistemas de defensa de los seres vivos comienzan en los seres unicelulares, los *protozoos*. Gran parte de las funciones de estos animales, incluida la defensa, se realiza mediante un proceso de fagocitosis que no difiere en lo sustancial de la de los macrófagos.

En los *animales invertebrados* sólo hay inmunidad innata o natural. Esta defensa natural está a cargo de células que recuerdan a los *fagocitos* y que responden frente a agentes nocivos para el animal o los microbios, destruyéndolos *in situ*. Los fagocitos reciben distintos nombres según el tipo de invertebrado: *amebocitos* en los acelomados, *hemocitos* en los moluscos y los artrópodos, *celomicitos* en los tunicados, etc. La inmunidad natural es un mecanismo ya presente en los primeros metazoos, las esponjas. En la lombriz de tierra se han encontrado las primeras células NK.

También en todos los invertebrados se encuentra un tipo de moléculas denominadas *lectinas*, las cuales podrían ser las precursoras de los anticuerpos. Las lectinas recubrirían las partículas extrañas y facilitarían la fagocitosis. Los invertebrados tienen también moléculas emparentadas con las *citocinas* de los vertebrados que estimulan a los macrófagos para destruir a los invasores.

La inmunidad adaptativa o adquirida aparece en los *vertebrados*. Los diversos componentes del sistema, la inmunidad humoral y celular, surgen al tiempo en la evolución, quizá hace unos 450 millones de años, en los primeros peces mandibulados (*placodermos*). Los tiburones actuales, que pueden ser reflejo de los orígenes remotos del sistema, tienen timo y bazo. Las aves y los mamíferos poseen, además, ganglios linfáticos. Sin embargo, en los anfibios y en los reptiles, los únicos órganos linfoides son los asociados a la mucosa digestiva.

En definitiva, en los vertebrados primitivos se encuentran ya linfocitos B y T y otros elementos del sistema inmunitario; con el proceso evolutivo se incrementa la diversidad de reconocimiento de antígenos. Esto puede deducirse de la capacidad de producir inmunoglobulinas. Los peces producen un solo tipo de Ig, los anfibios, dos, los reptiles y las aves, tres, y los mamíferos, hasta ocho clases distintas.

ÓRGANOS LINFOIDES PRIMARIOS

MÉDULA ÓSEA

La **médula ósea** es el lugar donde asientan las células madre hematopoyéticas y, a partir de ellas, se producen todas las células sanguíneas. Como órgano primario del sistema inmunitario, genera las células progenitoras de los linfocitos T, que migran al timo, y los progenitores de los linfocitos B, los cuales maduran en ella transformándose en linfocitos B inmunocompetentes.

La **agammaglobulinemia** es un defecto congénito ocasionado por un trastorno ligado a genes del cromosoma X debido al cual los linfocitos B no maduran adecuadamente en la médula ósea y no producen anticuerpos. Los niños padecen, a los pocos meses de nacer, infecciones graves y recidivantes.

Hasta hace poco tiempo se pensaba que el saco vitelino era el lugar donde se formaban las células madre definitivas de la sangre. Actualmente se sabe que este proceso, se inicia en los embriones de los mamíferos en la **región de la esplacnopleura paraaórtica**, región desde la cual las células madre migran al saco vitelino y luego al hígado y al bazo, y, finalmente, se incorporan a la médula ósea, la cual se convierte gradualmente en el feto y, a partir del nacimiento, en el único órgano formador de células de la sangre. El cordón umbilical es muy rico en células madre hematopoyéticas y éstas se empiezan a utilizar para trasplantes en casos de enfermedades de la médula ósea.

La médula ósea puede ser **roja** o **amarilla** (véase Conceptos generales sobre los huesos y Fig. 3-2). La médula ósea roja es la que produce sangre; la amarilla tiene gran contenido de grasa y su actividad hematopoyética es insignificante.

La médula ósea se encuentra en el tejido esponjoso y en las cavidades medulares de las diáfisis óseas.

Hasta la pubertad, hay médula ósea roja en todos los huesos. Luego, la médula ósea de la diáfisis de los huesos largos se vuelve amarilla por depósito de grasa. Progresivamente también va desapareciendo de las epífisis óseas, de modo que en el adulto sólo se encuentra en las vértebras, el esternón, las costillas, las aletas ilíacas, el diploe de los huesos de la bóveda craneal y las epífisis proximales del húmero y del fémur.

El ílion es el lugar preferente de extracción de médula ósea, bien sea para análisis de sus componentes con fines diagnósticos, o bien para su empleo como trasplante a sujetos que paceden, por ejemplo, **leucemia** (alteración cancerígena de los glóbulos blancos de la sangre).

Las radiaciones ionizantes destruyen o alteran las células pluripotentes de la sangre ubicadas en la médula ósea.

Estructura

La médula ósea está formada por una intrincada red de vasos sanguíneos, células hematopoyéticas y tejido conectivo (estroma). Estos elementos se organizan en dos tipos de **compartimientos**, uno **vascular** y otro **hematopoyético** (Fig. 13-1).

Los compartimientos vasculares están formados por una densa red de *sinusoides* anastomosados. Entre ellos se encuentran los compartimientos hematopoyéticos formados por células sanguíneas y por estroma; este último incluye fibroblastos, adipocitos, macrófagos, células reticulares adventicias (que rodean los sinusoides) y matriz extracelular.

En los compartimientos hematopoyéticos se diferencian y proliferan las células madre en las distintas estirpes celulares de la sangre; para ello necesitan factores de crecimiento (citocinas) producidas por las células vecinas del estroma.

TIMO

El **timo**[4] es un órgano linfoide primario. Es la estructura donde se diferencian y reproducen los linfocitos T responsables de la inmunidad celular. El timo recibe por la sangre las células madre precursoras de los linfocitos T (**células pro-T**) generadas en la médula ósea y las transforma en linfocitos T inmunocompetentes que migran a los órganos linfoides secundarios.

[4] Del griego *thymos* = tomillo; en las secciones, el parénquima se asemeja a las hojas del tomillo.

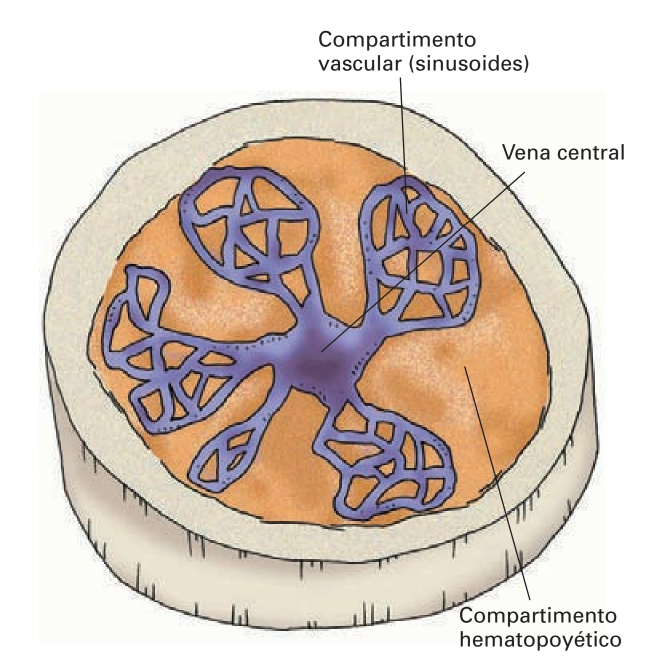


Figura 13-1. Representación esquemática de los compartimentos de la médula ósea en un corte transversal de una diáfisis ósea (inspirado en Weiss).

El timo puede faltar **(aplasia tímica congénita** o *síndrome de DiGeorge*). Se trata de un defecto del desarrollo embriológico del timo que se acompaña de alteraciones cardíacas y faciales. Este defecto provoca una inmunodeficiencia congénita por falta de linfocitos T. El síndrome puede ser parcial, y en este caso el timo es pequeño. Los niños sufren infecciones numerosas, recidivantes y graves que les conducen a la muerte. El injerto tímico fetal es el único tratamiento de este trastorno.

Cambios con la edad

El timo experimenta notables modificaciones con la edad. Dado que se trata de un órgano único, estos cambios tienen singular relevancia. En el feto y en el recién nacido es muy grande en comparación con los órganos vecinos. Crece hasta la pubertad, llegando a pesar unos 60 g. A partir de ese momento, quizá bajo la influencia de hormonas sexuales, comienza a *involucionar*, invadiéndose de adipocitos.

Existe controversia acerca de la capacidad del timo para diferenciar linfocitos T en el anciano. Por un lado, se ha descrito la persistencia de pequeños cúmulos de tejido tímico (3-4 gramos) que podrían suministrar diariamente un pequeño número de linfocitos T. Sin embargo, algunos autores opinan que la población de linfocitos T en el anciano está mantenida, fundamentalmente, por células T de memoria generadas previamente en respuesta a antígenos con los que el organismo contacta frecuentemente. Estos «precursores maduros» de las células T asentarían en los órganos linfoides secundarios, preferentemente en el tejido linfoide asociado a las mucosas.

En cualquier caso, estos mecanismos no aseguran en el anciano un repertorio de linfocitos T tan amplio como en edades anteriores lo que, debilita globalmente las defensas del organismo. Los linfocitos B constituyen uno de los tipos celulares que más sufren esta carencia, hecho que disminuye, a su vez, la capacidad de producción de anticuerpos. Por ello, la vacunación en el anciano es menos eficaz que en otras etapas de la vida.

Situación

El timo se sitúa en la parte anterior del **mediastino superior** e invade la parte adyacente del **mediastino anterior** llegando hasta la altura de los cuartos cartílagos costales (Fig. 13-2). En el niño pequeño puede invadir el cuello, colocándose por detrás de los músculos infrahioideos y la fascia pretraqueal, e incluso llegar hasta la glándula tiroidea.

El timo se dispone entre los pulmones y las pleuras mediastínicas correspondientes; por delante de la tráquea, el tronco venoso braquiocefálico izquierdo, el cayado de la aorta y las grandes ramas que se originan en él, y la parte alta del pericardio; y por detrás del peto esternocostal, el músculo triangular del esternón y los músculos infrahioideos envueltos en la fascia pretraqueal. En el adulto los restos tímicos están detrás del mango esternal.

El nervio frénico izquierdo se desliza por detrás del timo, entre la pleura y el pericardio.

Los vasos torácicos internos se colocan por delante del timo, entre éste y las pleuras mediastínicas.

Forma (Fig. 13-2)

El timo está constituido por dos **lóbulos tímicos**, **derecho** e **izquierdo**, ampliamente fusionados por tejido conectivo laxo excepto, generalmente, por su parte superior. Cada lóbulo tímico es embriológicamente independiente, pues derivan de la tercera bolsa faríngea y la tercera hendidura branquial del lado correspondiente. Debido a su consistencia blanda, su forma es moldeable por los órganos vecinos, razón por la cual su morfología es irregular y variable. Tienden a ser alargados en sentido vertical y adelgazados por su extremo superior («cuernos tímicos»).

Relaciones topográficas (véase Mediastino superior y anterior)

Estructura

El timo está rodeado de una fina **cápsula** conectiva de la que parten **tabiques** fibrosos hacia el interior que dividen los lóbulos en múltiples **lobulillos** (Fig. 13-3). Cada lobulillo tímico consta de dos compartimientos funcionalmente complementarios. Un compartimiento externo, la **corteza**, y otro interno, la **médula**. La corteza tiene un aspecto más denso que la médula debido a su gran riqueza en **linfocitos T**. Los tabiques no penetran en la médula.

Dispersos por la corteza y la médula se encuentran otros tipos celulares: **macrófagos**, **células dendríticas interdigitantes** y **células epiteliales reticulares**. Estas últimas, mediante sus prolongaciones, forman una malla celular que envuelve los linfocitos. En la periferia de la corteza se encuentra un tipo especial de célula epitelial, **las células nodrizas**, las cuales rodean, a modo de abrazo, a grupos de linfocitos. Las células reticulares epiteliales son imprescindibles para la maduración de los linfocitos T, ya que producen diversas citocinas, principalmente interleucina 7 y hormonas (timosina, timopoyetina, timolina); además, el contacto membrana-membrana con los timocitos es fundamental para la maduración de éstos.

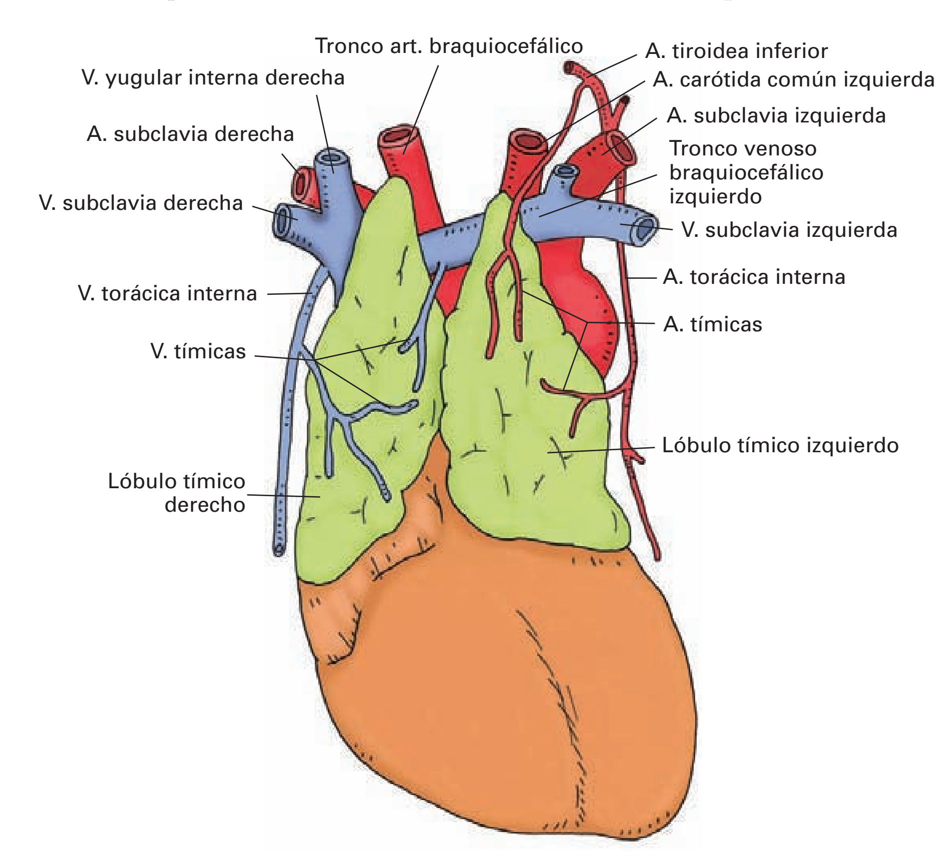


Figura 13-2. Visión anterior del timo de un niño.

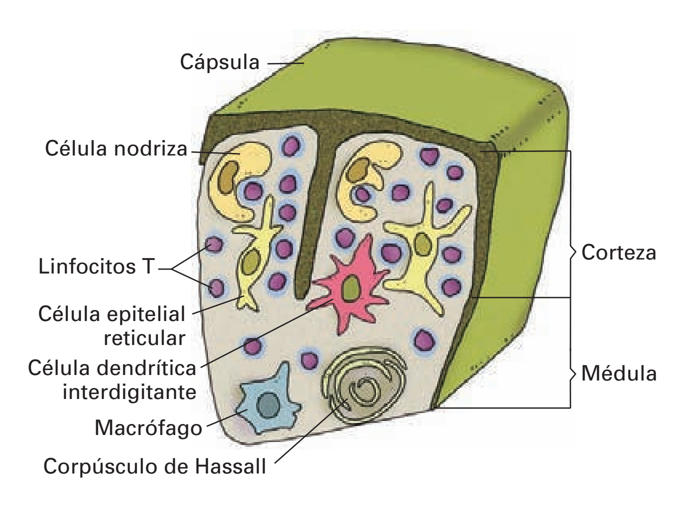


Figura 13-3. Esquema de la estructura del timo en la que se indican las principales tipos de células.

En la médula se encuentran los **corpúsculos de Hassal** (Fig. 13-4). Son formaciones redondeadas constituidas por células epiteliales reticulares organizadas como las capas de una cebolla junto a restos de células muertas. El número de corpúsculos aumenta con la edad y su función no es conocida.

Los linfocitos del timo (**timocitos**) se encuentran en varias etapas de maduración en el interior del órgano. Los progenitores de los linfocitos T proceden de la médula ósea y penetran en la zona subcapsular de la corteza por los vasos sanguíneos; progresivamente migran profundizando hacia la médula. Durante este desplazamiento, bajo la interacción con las otras extirpes celulares vecinas, experimentan un proceso complejo de proliferación, diferenciación y , también, para gran parte de la población, de muerte celular (el 95 % de los timocitos muere por *apoptosis* antes de llegar a la médula). La diferenciación de los timocitos supervivientes se completa en la médula, donde se transforman en los dos tipos de linfocitos T inmunocompetentes: linfocitos T colaboradores (linfocitos Th) y linfocitos T citolíticos (linfocitos Tc). Finalmente, abandonan la médula y pasan por la sangre o la linfa a la circulación para alcanzar los órganos linfoides secundarios.

Vascularización (Fig. 13-2)

Arterias. **Las ramas tímicas** proceden de la **arteria torácica interna** y de **la tiroidea inferior**. En ocasiones, el cayado de la aorta o el tronco arterial braquiocefálico pueden dar un ramo tímico.

Venas. **Las venas tímicas**, muy variables, van al tronco venoso braquiocefálico izquierdo, a las venas torácicas internas y a las tiroideas inferiores.

Circulación tímica

Las arterias tímicas penetran por la cápsula y discurren por los tabiques interlobulillares hasta llegar a la zona de tránsito entre corteza y médula transformadas en arteriolas. La corteza es irrigada sólo por capilares, que forman una red radial en dirección a la zona subcapsular, y desde allí retornan a la unión corticomedular para continuarse con vénulas. En la médula penetran arteriolas que se ramifican en una red capilar, la cual converge en vénulas.

Las vénulas corticomedulares y las medulares se dirigen hacia los tabiques interlobulillares para formar las venas tímicas. Parte de la sangre de la zona periférica de la corteza es drenada directamente por algunas vénulas subcapsulares en un plexo venoso capsular que termina en las venas tímicas.

Barrera hematotímica. Los capilares de la corteza del timo no permiten el paso de moléculas con capacidad antigénica; de este modo, los linfocitos T en diferenciación no se exponen los antígenos circulantes. La barrera está formada por una capa endotelial y una gruesa membrana basal. Las células están unidas por *zonulae occludens* y no hay fenestraciones. Completan la barrera los macrófagos pericapilares, pues si alguna macromolécula consigue atravesar la barrera, es inmediatamente fagocitada. Este concepto es fundamental para la maduración de los timocitos, ya que los antígenos intratímicos sólo tienen origen «endógeno o propio» y los timocitos que los reconocen mueren para evitar la autorreactividad.

Linfáticos. Los vasos linfáticos intratímicos discurren por los tabiques interlobulillares hacia la cápsula. Los vasos que salen del timo drenan en los ganglios linfáticos **mediastínicos anteriores**, **paraesternales** y **traqueobronquiales**.

Inervación

El timo recibe **fibras simpáticas posganglionares** procedentes del **ganglio cervical inferior** (Fig. 19-5) a través de

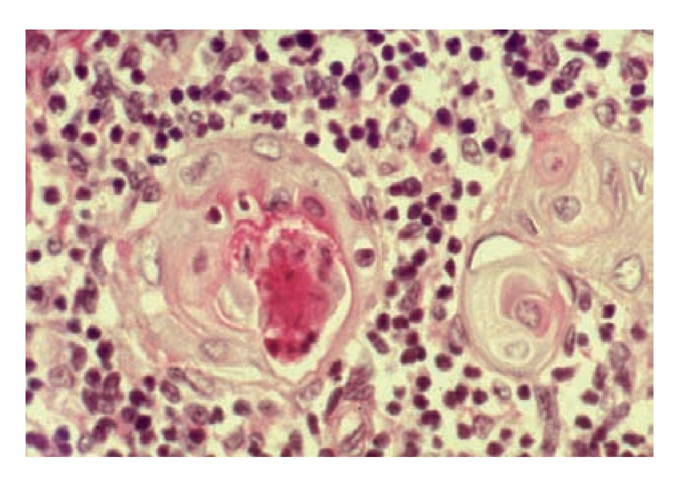


Figura 13-4. Microfotografía de la porción medular del timo mostrando los corpúsculos de Hassal. Hematoxilina-eosina.

los plexos periarteriales correspondientes; y fibras parasimpáticas mediante los **ramos tímicos del vago** (directas, del recurrente o de los ramos cardíacos). Hay fibras del nervio frénico izquierdo que se distribuyen por la cápsula; su significado no es bien conocido.

ÓRGANOS LINFOIDES SECUNDARIOS

GANGLIOS LINFÁTICOS

Los **ganglios linfáticos** son pequeños órganos intercalados en el transcurso de las vías linfáticas, que sirven de filtro para la linfa y son el lugar de inicio de la activación de los linfocitos por los antígenos como parte de la repuesta inmunitaria adaptativa. Los ganglios liberan linfocitos que se incorporan a la circulación linfática.

> El conocimiento de los ganglios linfáticos es de gran interés para el médico. Su inflamación (**adenopatía**) suele indicar infecciones en órganos próximos o invasión de células tumorales. Los ganglios linfáticos constituyen una importante vía de diseminación de las células cancerosas, razón por la cual el buen conocimiento de la disposición y de los territorios anatómicos de los que drenan la linfa es esencial para el cirujano. La extirpación de los ganglios linfáticos que recogen linfa de un territorio afectado por un tumor es práctica habitual, y casi siempre obligada, en el tratamiento quirúrgico del cáncer.

Tienen un tamaño variable, desde muy pequeños como la cabeza de un alfiler hasta unos 2 cm. Su forma puede ser redondeada, arriñonada o alargada. Todo ganglio, lo que se observa mejor en los grandes, presenta en uno de sus bordes una discreta hendidura denominada **hilio**, por donde penetran los vasos sanguíneos y sale el vaso linfático eferente.

Con excepción de algunos ganglios aislados, casi siempre se presentan agrupados formando *cadenas* o *conjuntos ganglionares* en determinadas partes del organismo.

Los conjuntos ganglionares principales son los **ganglios axilares**, **inguinales**, **cervicocefálicos**, **torácicos** y **abdominopélvicos**; estos dos últimos grupos, muy numerosos, tienden a disponerse a lo largo de las grandes vías sanguíneas.

Las cadenas ganglionares y sus territorios de drenaje linfático se estudian con el aparato circulatorio.

Estructura

Un ganglio linfático está constituido por un entramado conectivo entre el que se disponen masas de tejido linfoide y unos espacios denominados senos linfáticos (Fig. 13-5).

El ganglio está rodeado de una **cápsula** conectiva muy rica en colágeno, la cual emite hacia el interior numerosas **trabéculas** que dan soporte y consistencia a las masas linfoides.

El tejido linfoide se organiza en tres compartimientos distintos: **corteza**, **paracorteza** y **médula**. Cada uno constituye un micromedio distinto para permitir la adecuada respuesta de los linfocitos frente a los antígenos. La corteza es el territorio de los linfocitos B y la paracorteza, el de los linfocitos T (Fig. 13-6).

> La **corteza** es la parte más externa, junto al seno subcapsular (véase más adelante), y está formada por agregados de **linfocitos B** denominados folículos. Los folículos pueden ser primarios o secundarios. Los folículos secundarios son folículos primarios activados por la respuesta inmunitaria; se distinguen por tener en el medio un centro germinal donde los linfocitos B se transforman en células plasmáticas productoras de anticuerpos. En los folículos hay también **macrófagos** y **células dendríticas foliculares**.
>
> La **paracorteza**, más profunda y menos densa, se organiza en cordones paracorticales rodeados de sinusoides vasculares. Contiene fundamentalmente **linfocitos T** (la mayor parte son del tipo linfocito colaborador); también hay **fagocitos mononucleares** y **células dendríticas interdigitantes** que migran a estos centros procedentes de las mucosas y la piel.
>
> La **médula** ocupa el centro del órgano y se continúa con el hilio. Está formada por cordones medulares irregulares inmersos entre los vasos linfáticos y sanguíneos. Los

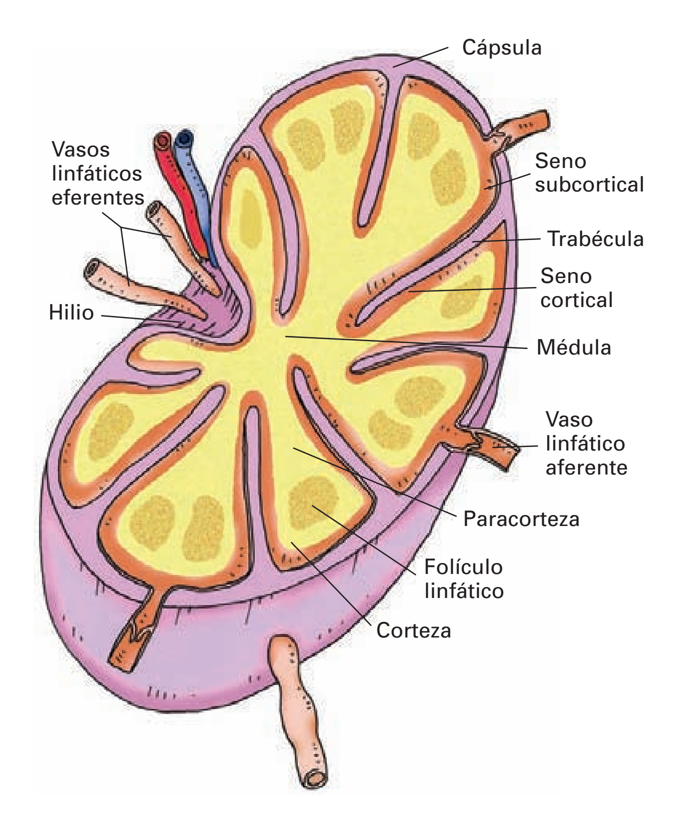


Figura 13-5. Sección de un ganglio linfático para mostrar su organización estructural.

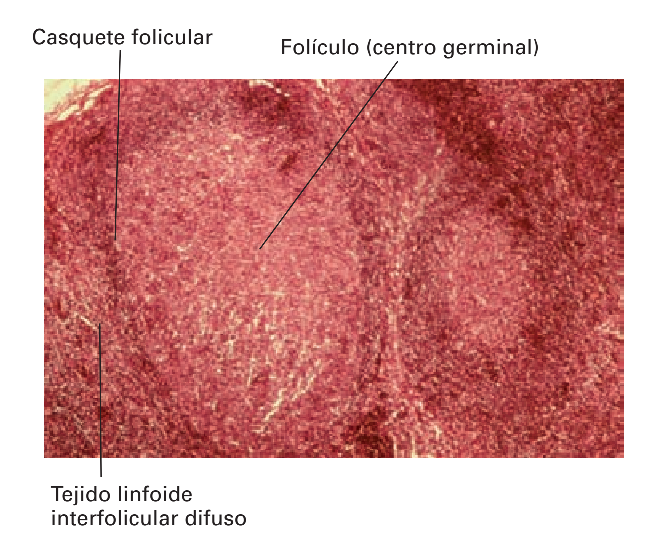


Figura 13-6. Corteza de un glanglio linfático. Detalle de un folículo linfático secundario. Hematoxilina-eosina.

cordones contienen **linfocitos**, **células plasmáticas** y **macrófagos**.

La cápsula fibrosa está perforada por varios **vasos linfáticos aferentes** que penetran por distintos puntos y drenan en el **seno subcortical** o marginal, un espacio comprendido entre la corteza y la cápsula. Siguiendo las trabéculas discurren **senos linfáticos corticales**, los cuales se dirigen hacia los **senos linfáticos medulares;** estos últimos convergen para formar, en el hilio, el **vaso linfático eferente** del ganglio. Los senos son sinusoides y su endotelio especializado permite el tráfico permanente de células y componentes de la linfa.

Los vasos aferentes tienen valvas que se abren hacia los senos linfáticos, y el vaso eferente posee un dispositivo valvular que se abre hacia el exterior del ganglio. Así, la linfa fluye, lentamente, a través del ganglio.

Vascularización y microcirculación

Cada ganglio recibe una fina arteria que penetra por el hilio y se distribuye en forma de arteriolas entre los cordones medulares. En la corteza y paracorteza se forman redes capilares de las que salen vénulas poscapilares que retornan hacia la médula entre el tejido linfoide. Pequeñas vénulas confluyen finalmente en una sola vena que sale del ganglio en compañía del vaso linfático eferente.

Es importante señalar que las **vénulas poscapilares de la paracorteza** son vasos especializados. Tienen un endotelio formado por células altas que reconocen específicamente algunos tipos de linfocitos y permiten su paso desde la sangre al tejido linfoide del ganglio. Constituyen la base del fenómeno denominado *homing*, mediante el cual los linfocitos en función de su estado de reposo o activación pueden dirigirse a órganos linfoides o a lugares donde están ocurriendo fenómenos de inflamación con objeto de realizar la función más adecuada en cada caso.

BAZO

El **bazo** es el lugar principal de la respuesta inmunitaria frente a los antígenos transportados por la sangre y tiene singular relevancia en la respuesta frente a polisacáridos (componentes más abundantes de la cápsula de la mayor parte de las bacterias); es, además, un filtro de partículas extrañas, el lugar de destrucción por fagocitosis de los glóbulos rojos («cementerio de los hematíes») y un importante reservorio de sangre.

Es un órgano macizo, de consistencia blanda, friable, y muy frágil, por lo que está expuesto a romperse en los traumatismos sobre las últimas costillas izquierdas, bien por golpes o caídas.

Muchas veces son las propias costillas fracturadas las que hieren el bazo. La rotura del bazo es muy grave pues provoca una gran hemorragia que debe cortarse rápidamente. El bazo se puede extirpar (**esplenectomía**) ya que no es imprescindible para la vida, si bien, dada su participación en el sistema inmunológico, su ausencia facilita las infecciones. En el niño se puede recurrir a esplenectomías parciales (**segmentectomías**, ver más adelante).

Situación

El bazo ocupa la parte izquierda del **espacio supramesocólico**. Se sitúa por debajo y por dentro de la cúpula diafragmática izquierda, por detrás del estómago, por encima del ángulo izquierdo del colon y por delante del riñón izquierdo. Pertenece a los denominados *órganos toracoabdominales*, es decir, está situado en el abdomen pero protegido por la parte izquierda de la caja torácica, de la que está separada por el diafragma.

Proyección (Fig. 13-7). El bazo se proyecta en el **hipocondrio izquierdo**, sobre una superficie ovoidea de la pared costal que se extiende entre la novena costilla por arriba y la undécima por abajo, por detrás de la línea axilar media.

En condiciones normales, el bazo no se palpa pues no rebasa el reborde costal izquierdo. Sin embargo, el médico puede determinar su posición y tamaño por percusión. El *área esplénica* da un ruido mate que contrasta, hacia arriba, con la sonoridad pulmonar y, por delante y por debajo, con el ruido timpánico del estómago y del colon.

Bazo accesorio

En ocasiones (15-20 % de casos), puede haber una o varias masas de tejido esplénico fuera del bazo. Las localizaciones más frecuentes son el ligamento gastroesplénico y

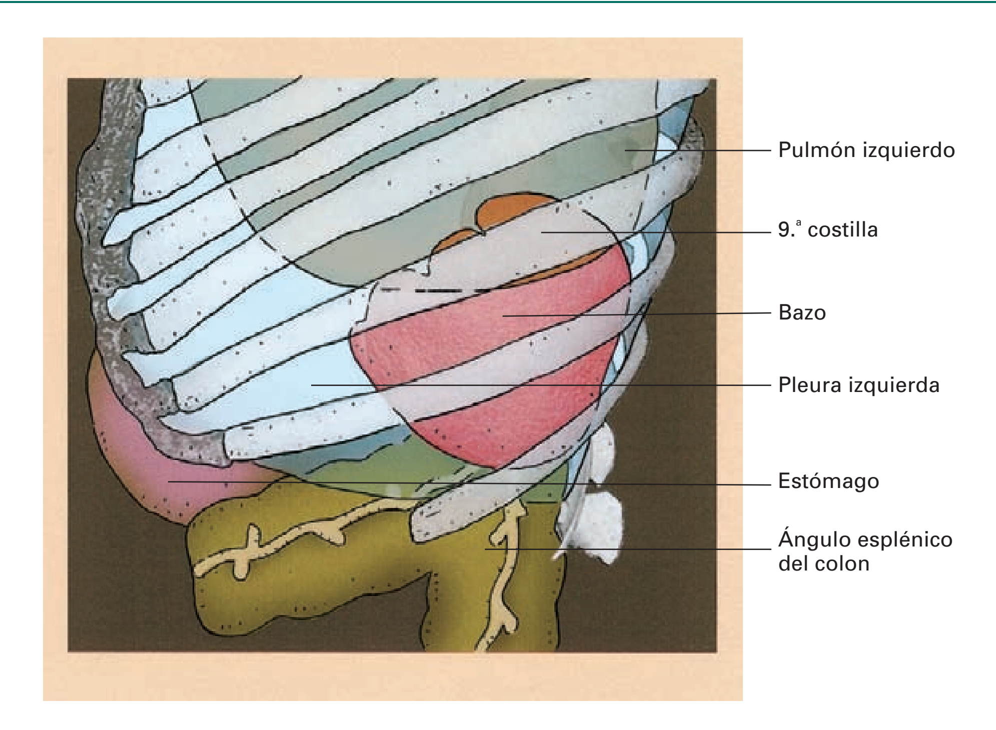


Figura 13-7. Proyección del bazo sobre la pared toracoabdominal. Obsérvese la relación del bazo con las últimas costillas. La base del pulmón izquierdo (verde) y la pleura izquierda (azul) se han transparentado para mostrar la silueta del bazo.

el hilio del bazo. Otras localizaciones son la bolsa omental y el mesenterio. Puede, muy raramente, encontrarse tejido esplénico en el interior de la cola del páncreas y, excepcionalmente, en la pelvis y en el escroto.

Bazo ectópico

En ocasiones muy raras, el bazo puede situarse en posición más caudal debido al alargamiento de los ligamentos esplénicos. En estas circunstancias es posible palparlo en la parte baja del abdomen.

Forma (Figs. 13-8 y 13-9)

El bazo es un órgano más o menos ovoideo, algo aplastado (ha sido comparado a un gajo de naranja o un grano de café), cuya forma real es bastante dependiente no sólo de su propia estructura y consistencia blanda, así como de su grado de repleción de sangre, sino también del grado de distensión de los órganos vecinos con los que contacta, especialmente, el estómago y el ángulo izquierdo del colon.

Complica más la descripción de la forma del bazo el hecho de que sea un órgano móvil con la posición corporal. En decúbito supino, la forma en la que el médico suele explorar al paciente, el eje mayor del ovoide es paralelo al eje mayor de la décima costilla, pero en posición anatómica este eje tiende a la vertical. La primera disposición del bazo es la que se sigue habitualmente para describir este órgano.

Se distinguen dos caras, diafragmática y visceral, dos bordes, superior e inferior, dos polos, anterior y posterior, y un hilio.

La **cara diafragmática** es lisa, externa y convexa; se adapta al diafragma, que la separa de la pleura izquierda.

La **cara visceral** tiene tres excavaciones producidas por vísceras vecinas: el **área gástrica** (anterosuperior), el **área cólica** (anteroinferior) y el **área renal** (posteroinferior). El área gástrica contacta con la cara posterior del estómago, el área renal con el riñón izquierdo y el área cólica con el ángulo esplénico del colon. En el límite entre el área gástrica y el área renal hay una *cresta*, por encima de la cual se encuentra el **hilio esplénico**. El hilio es una excavación lineal llena de grasa y tejido conectivo por la que entran y salen los vasos esplénicos.

El **borde superior** presenta identaciones y separa la cara diafragmática de las áreas gástrica y cólica. Los surcos son la huella de la lobulación primitiva que presenta en el feto.

El **borde inferior** es redondeado y separa la cara diafragmática de las áreas renal y cólica.

El **polo** o **extremidad posterior** del bazo se dispone en las proximidades del ángulo formado entre la X costilla y los cuerpos vertebrales correspondientes.

El **polo** o **extremidad anterior** constituye la punta redondeada del área cólica.

Dimensiones. Suele decirse que tiene el tamaño del puño. Es más grande en el ser humano vivo que en el cadáver, pues sus medidas están muy relacionadas con el volumen de sangre que contiene.

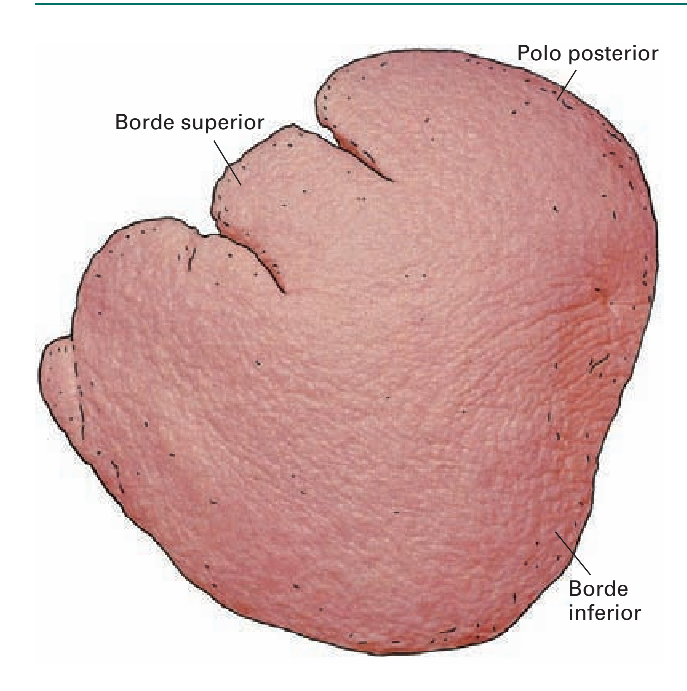


Figura 13-8. Cara diafragmática del bazo.

> **Esplenomegalia:** es el aumento patológico del bazo. En estos casos, el bazo se palpa por debajo del reborde costal izquierdo, expresando el médico su tamaño en traveses de dedo que sobresalen. En algunas enfermedades llega a alcanzar tamaños gigantescos, como es el caso de la malaria (una enfermedad tropical producida por el parásito *Plasmodium* y transmitida por el mosquito *anopheles*). El bazo aumenta de tamaño en muchas enfermedades infecciosas, tumorales del sistema linfoide (como la leucemia linfoide), en casos de obstrucción de la vena porta por retención de sangre en el bazo, etc.

Peritoneo

El bazo es un **órgano intraperitoneal**, es decir, está envuelto completamente por peritoneo visceral, excepto a nivel del hilio, zona donde este peritoneo se continúa con el peritoneo del estómago mediante el **ligamento gastroesplénico** (véanse Figs. 8-52; 8-72) y con el peritoneo parietal que recubre el riñón por el **ligamento esplenorrenal**. En este último pliegue suele introducirse la cola del páncreas y contacta con el hilio del bazo. (Para más detalles, véase Espacio supramesocólico.)

Relaciones topográficas (véase espacio Supramesocólico)

Estructura (Fig. 13-10)

Subyacente al peritoneo visceral que lo rodea, el bazo está envuelto en una delgada **cápsula** conectiva rica en colágeno y con fibras elásticas y musculares lisas dispersas. Es posible que la musculatura lisa contribuya a expulsar sangre hacia la vena esplénica.

> El desgarro de la cápsula por un traumatismo abdominal o por una desafortunada maniobra del cirujano durante una intervención en el espacio supramesocólico, provoca una gran hemorragia difícil de contener, lo que suele obligar a la extirpación del bazo.

La cápsula envía numerosas **trabéculas conectivas** hacia el interior del órgano, que le dividen en compartimientos comunicados. Hay dos tipos de *compartimientos*; **la pulpa roja** y la **pulpa blanca**, separados por una difusa **zona marginal**.

La **pulpa roja** está constituida por una gran red de **sinusoides esplénicos**, entremezclados con masas de células sanguíneas denominadas **cordones esplénicos**. La riqueza en hematíes confiere el color a esta región, donde también abundan los **macrófagos** y las **células dendríticas**. Esta región es el cementerio de los eritrocitos, pues los más viejos son destruidos y fagocitados.

La **pulpa blanca** es tejido linfoide que rodea las arteriolas, y está formada por las **vainas linfoides periarteriales (VLP)**, por **folículos linfoides** y por la **zona mar-**

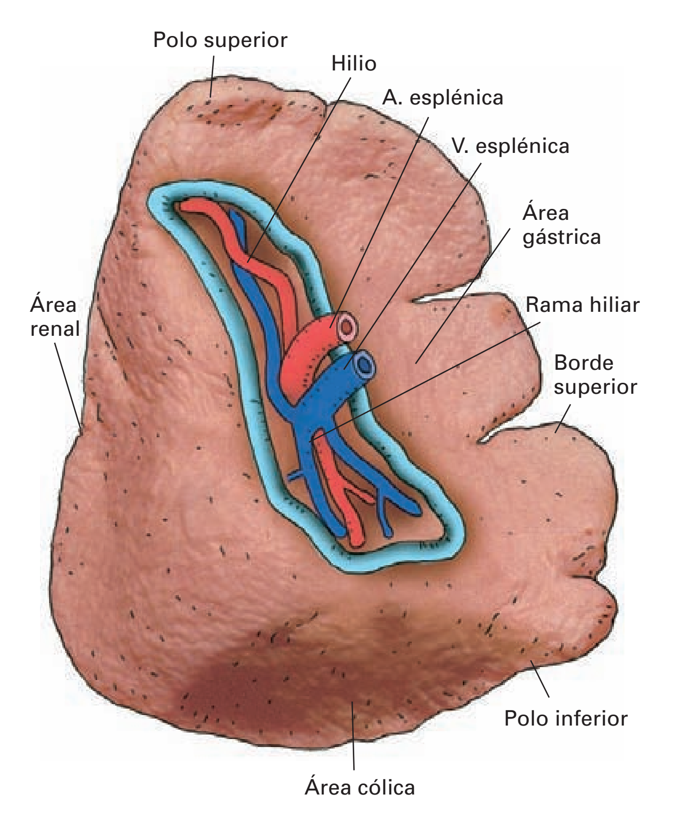


Figura 13-9. Cara visceral del bazo. Alrededor del hilio se ha representado (azul) la zona de continuidad del peritoneo esplénico con los pliegues peritoneales que unen el bazo a los órganos vecinos.

ginal. Las arterias intraesplénicas siguen primero las trabéculas conectivas; de ellas se desprenden arteriolas que se rodean de agrupaciones de linfocitos en forma de vainas cilíndricas. Adosadas a las vainas periarteriales hay numerosos folículos linfoides primarios y secundarios, similares a los de los ganglios linfáticos.

Las vainas linfoides periarteriales contienen **linfocitos T** (zona dependiente del timo) y los folículos contienen fundamentalmente **linfocitos B** (zona dependiente de la médula ósea). Las vainas y los folículos están rodeados por una difusa zona marginal que los separa de la pulpa roja. Esta zona contiene macrófagos y linfocitos B y T.

Vascularización

Arterias (Fig. 15-74 y 15-75). El bazo está irrigado por la **arteria esplénica**, rama del tronco celíaco. En las proximidades del hilio, dicha arteria se divide en varias arterias segmentarias y subsegmentarias de carácter **terminal**, que dividen el bazo en segmentos y subsegmentos.

Segmentación esplénica

La irrigación arterial del bazo sigue un patrón de distribución segmentario. La arteria esplénica se divide varias veces antes de penetrar en el hilio esplénico. Estas divisiones (primarias, secundarias, terciarias, etc.) penetran por el hilio (**ramas hiliares**) o alcanzan directamente los polos del bazo (**arterias polares**) (Fig. 13-11).

Los territorios dependientes de estos ramos son **segmentos** y **subsegmentos**.

El territorio dependiente de una división primaria o de una arteria polar es un segmento esplénico. Hay, pues, **segmentos primarios** y **segmentos polares** (inconstantes). El patrón segmentario es variable. En la mayor parte de los casos (93 %), hay dos segmentos primarios y, en el 7 % de los casos, tres segmentos. Los segmentos polares son frecuentes (superior, 30 %; inferior, 45 %; y ambos, 10 %). Así, el número de segmentos esplénicos varía de dos a cinco.

El territorio dependiente de las divisiones extraesplénicas subsiguientes de las ramas primarias o de las ramas polares, es el de los **subsegmentos esplénicos**. Según el número de subdivisiones arteriales, los subsegmentos pueden ser de segundo, tercero, cuarto, quinto y hasta de sexto orden. En definitiva, los últimos ramos de la arteria esplénica (arterias penetrantes) son todas de carácter subsegmentario e irrigan territorios hiliares o polares. Pueden llegar a ser hasta veinte.

En algunos casos (20 %), existen anastomosis entre las ramas extrahiliares, que a veces, se observan también entre los compartimientos esplénicos.

Venas. La sangre venosa del bazo es recogida por varias venas que aparecen por el hilio y terminan en la **vena esplénica**, rama de la porta (Fig. 15-86).

Circulación intraesplénica (Fig. 13-10). Las arterias subsegmentarias se continúan en las trabéculas como **ar-**

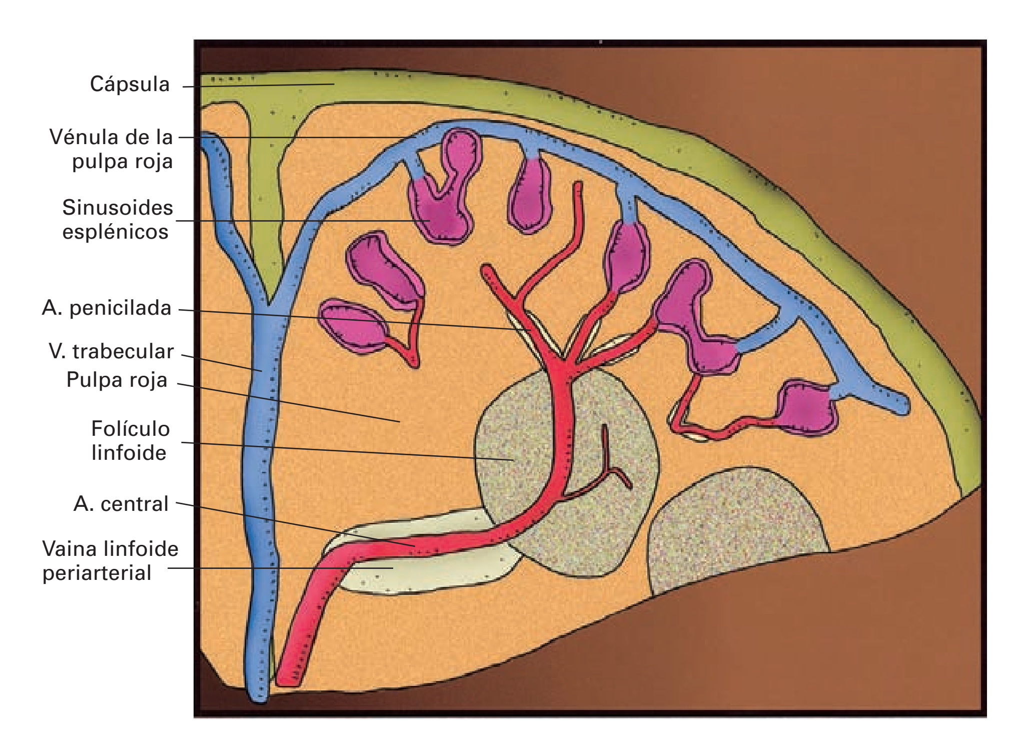


Figura 13-10. Representación esquemática de la estructura del bazo. En la pulpa roja se han representado los dos sistemas, abierto y cerrado, de la circulación intraesplénica (explicación en el texto).

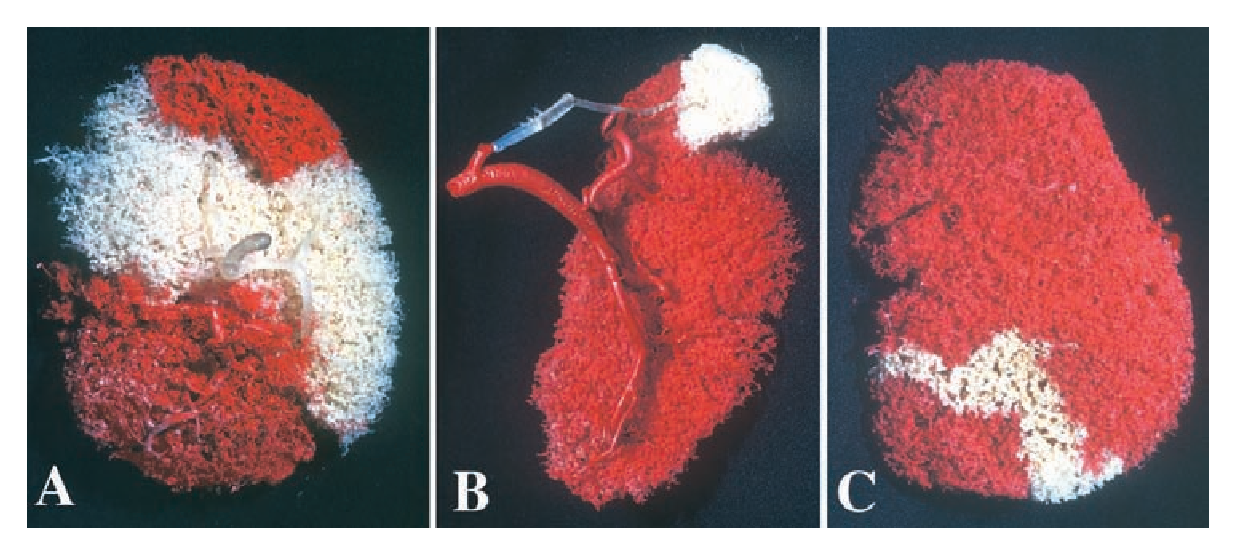


Figura 13-11. Segmentos arteriales del bazo marcados mediante inyección de resina y corrosión . (A) Bazo con tres segmentos primarios. (B) Bazo con segmento polar primario. (C) Subsegmento (blanco) del bazo.

terias trabeculares. De éstas parten **arteriolas centrales**, que penetran en la pulpa blanca y se rodean de las vainas linfoides periarteriales, y luego siguen por el interior de los folículos linfoides ramificándose en capilares. El tronco principal de la arteria central penetra en la pulpa roja y se divide (**arterias peniciladas**) como los pelos de un pincel. Cada arteria penicilada se ramifica en capilares, los cuales se comportan de dos maneras distintas. La mayor parte de los capilares se vacía directamente en los cordones esplénicos de la pulpa roja (*sistema de circulación abierta*); los otros capilares se abren en los sinusoides (*sistema de circulación cerrada*). La circulación abierta es más lenta y facilita la función filtrante e inmunitaria del bazo.

La cuestión de la circulación cerrada y abierta ha sido muy debatida; en la práctica, es poco relevante, pues la pared de los sinusoides esplénicos es completamente permeable al paso de todo tipo de células.

Toda la sangre acaba pasando a los **sinusoides esplénicos** que drenan en **vénulas de la pulpa roja**, las cuales, finalmente, se abren a las **venas trabeculares** y a la vena esplénica.

Linfáticos. La mayor parte del bazo carece de vasos linfáticos, con excepción de la cápsula y las trabéculas. La linfa de estas estructuras pasa a los **ganglios pancreaticoesplénicos** (Fig. 15-90; 15-91).

Debe reseñarse que el bazo, a pesar de ser un órgano del sistema inmunitario, carece de vasos linfáticos aferentes, igual que cualquier otro órgano. Los antígenos y los linfocitos entran en el bazo por el torrente sanguíneo y salen por él.

Inervación

El bazo recibe **fibras vegetativas simpáticas posganglionares** procedentes de los **ganglios celíacos** (Fig. 19-6). Estas fibras rodean la arteria esplénica (**plexo esplénico**) e inervan la musculatura lisa de las arterias y de la cápsula del bazo.

TEJIDO LINFOIDE ASOCIADO A LAS MUCOSAS

El tejido linfoide asociado a mucosas (MALT, del inglés, *mucosal associated lymphoid tissue*) es un importante sistema inmunitario localizado en las mucosas del tubo digestivo, el aparato respiratorio y los aparatos urinario y genital. Es una primera barrera o línea defensiva frente a agentes infecciosos o extraños que penetran en la luz de esos aparatos. Debe señalarse que las mucosas son un lugar preferente de entrada de agentes nocivos.

Este sistema está constituido por **células inmunitarias dispersas** por la mucosa y por estructuras organizadas tales como **folículos linfoides**, **placas de Peyer** y **amígdalas**.

En el *sistema celular disperso* de las mucosas se encuentran **linfocitos T intraepiteliales** y células inmunitarias de la lámina propia de la mucosa. Los linfocitos T intraepiteliales pertenecen casi completamente a un tipo especial denominado **linfocitos T gamma delta (Tgd)**. Estos linfocitos son filogenéticamente más antiguos que los linfocitos T convencionales, reconocen los antígenos intraluminales de forma inmediata y son fundamentalmente citolíticos. Las *células inmunitarias de la lámina propia* de la mucosa son **linfocitos B**, **linfocitos T colaboradores**, **células plasmáticas**, **macrófagos** y **células dendríticas**.

Los **folículos linfoides** son agrupaciones de linfocitos en la lámina propia. Son muy abundantes en el intestino, especialmente en el **apéndice vermiforme**, que puede considerarse un órgano linfoide secundario.

Las **placas de Peyer** son agrupaciones de folículos linfoides (entre 20 y 60) dispuestas en la submucosa intestinal del íleon (véase Aparato digestivo).

Las **amígdalas palatina, lingual, tubárica** y **faríngea** son formaciones linfoides recubiertas de epitelio. Se han descrito con la faringe y la lengua.

Estas formaciones están muy especializadas en la defensa frente a antígenos que entran por vía nasal o bucal (puerta de entrada de más del 90 % de los antígenos). Están atravesadas por una densa red fibrosa entre la cual se disponen los folículos linfoides. Además de **linfocitos**, hay **macrófagos**, **granulocitos** y **mastocitos.**

En los epitelios mucosos asociados a estas formaciones linfoides se encuentra un tipo peculiar de células denominadas **células M**. Están especializadas en captar el antígeno desde la luz de las cavidades y transportarlo a los folículos linfoides.

TEJIDO LINFOIDE ASOCIADO A LA PIEL

El **tejido linfoide asociado a la piel** (SALT, del inglés, *skin associated lymphoid tissue*) constituye un sistema de defensa cutáneo mediante el cual el organismo mejora su capacidad de detección de los antígenos del medio. En virtud de este sistema, la piel participa en la defensa del organismo (véase Piel) provocando y manteniendo respuestas locales inmunitarias frente a los agentes extraños a los que se ve expuesta.

Se trata de un sistema celular disperso por toda la piel, del que forman parte los siguientes elementos celulares: **células de Langerhans**, **linfocitos intraepidérmicos** y **linfocitos y macrófagos de la dermis**.

Las **células de Langerhans** son células dentríticas inmaduras; constituyen el 1 % de las células epidérmicas, pero mediante sus largas y tortuosas prolongaciones forman una red que cubre la cuarta parte de la superficie cutánea. Las células de Langerhans capturan el antígeno que penetra por la piel y, estimuladas, migran por la linfa hacia los ganglios linfáticos, donde se transforman en células dendríticas interdigitantes y presentan esos antígenos a los linfocitos T.

Entre los queratinocitos hay **linfocitos intraepidérmicos** del tipo T citolíticos, principalmente del tipo Tgd.

En fin, en la dermis hay dispersos numerosos macrófagos y linfocitos T de los dos tipos.

SECCIÓN IX

SISTEMA ENDOCRINO

CAPÍTULO 14

Sistema endocrino

CONCEPTOS GENERALES

El buen funcionamiento del organismo requiere la adecuada integración de la función de los diferentes tejidos y órganos que lo constituyen. Esto implica que estos diferentes componentes estén perfectamente comunicados y coordinados entre sí, funciones de las que se encargan principalmente el sistema nervioso autónomo y el **sistema endocrino**. El sistema endocrino está formado por el conjunto de glándulas y células endocrinas del organismo productoras de hormonas. Las **hormonas** son mediadores químicos que, generalmente, se vierten a la circulación, y, por tanto, pueden ejercer sus efectos a distancia de su fuente de producción. En comparación con el sistema nervioso, se puede decir que las hormonas producen efectos más generalizados aunque específicos y de duración más mantenida. Por consiguiente, la acción del sistema endocrino es, en general, más lenta y estable, aunque en situaciones particulares, las acciones de ambos sistemas, endocrino y nervioso, pueden ser muy semejantes.

Las principales **glándulas endocrinas**, son: la **hipófisis**, la **epífisis** o **glándula pineal**, el **tiroides**, las **paratiroides** y las **suprarrenales**. Además de estas glándulas con entidad anatómica propia, hay tejido endocrino distribuido de forma difusa por todo el organismo sin constituir agrupaciones glandulares de entidad propia, pero representando un componente no despreciable del sistema endocrino. En muchas ocasiones, estas células endocrinas difusas constituyen un componente mínimo de otros órganos, como por ejemplo, las células endocrinas del pulmón o de los riñones, las células intersticiales de los testículos o las células foliculares, lo que permite distinguir dentro del tejido endocrino dos componentes, el sistema endocrino propiamente dicho, que incluye las glándulas enumeradas anteriormente y el **sistema endocrino difuso**.

Las glándulas endocrinas carecen de conducto excretor, hecho que las diferencia de las glándulas de secreción externa. Como se ha comentado, el producto de su secreción, las hormonas, es vertido directamente a la circulación. Por ello, las glándulas endocrinas también se denominan **glándulas de secreción interna**. Estas glándulas se encuentran distribuidas por todo el organismo. La hipófisis y la epífisis se encuentran en el interior del cráneo, el tiroides y las paratiroides en el cuello, y las suprarrenales en el abdomen.

En este capítulo describiremos la anatomía de estas glándulas siguiendo un orden marcado por su posición craneal-caudal dentro del organismo. Se describirá también brevemente el sistema endocrino difuso. Conviene recordar aquí, que tanto el **testículo** como el **ovario**, presentan un componente muy importante de glándula de secreción interna, pero no se expondrán en este capítulo por haber sido ya descritos con el aparato reproductor.

Evolución

Conceptualmente, la existencia del sistema endocrino propiamente dicho implica multicelularidad, pero la co-

municación intercelular mediante mediadores químicos es una adquisición evolutiva muy temprana, anterior a los organismos multicelulares. Hay muchos niveles de comunicación química; la comunicación entre *procariotas*, respondiendo a una variedad de señales del medio, puede considerarse de las más simples, mientras que la regulación endocrina en los organismos multicelulares requiere procesos mucho más complejos. El hecho constatado de que la comunicación química entre los organismos unicelulares simples y la comunicación interna en los organismos multicelulares comparte no sólo moléculas mediadoras, sino también mecanismos funcionales revela un origen evolutivo común. Es fácil aceptar que la aparición de los organismos multicelulares implicó la diferenciación y especialización de sistemas de señalización encargados de transportar y regular la comunicación química, las moléculas señalizadoras, desde unos compartimentos del organismo a otros.

Por otra parte, es interesante resaltar que la semejanza inherente de los mecanismos implicados en las interacciones entre mediador químico (*biorregulador*) y su receptor en los sistemas glandular y nervioso se interpreta, también, como reveladora de un origen común a partir del **sistema feromonal** (sistema exocrino primario) de los organismos unicelulares.

HIPÓFISIS

La **hipófisis** es un pequeño ovoide que cuelga mediante un tallo de la base del encéfalo. Recibe también el nombre de **glándula pituitaria** o **pituitaria**[1].

Esta glándula es de vital importancia ya que controla la función de varios órganos endocrinos. Su parte anterior produce seis hormonas encargadas de regular el crecimiento y el desarrollo, así como la función del tiroides, de la corteza suprarrenal, de las gónadas y de las mamas. La parte posterior de la glándula regula la osmolaridad del medio celular.

Situación

Se encuentra alojada en la **fosa hipofisaria** (**silla turca**) de la cara superior del cuerpo del esfenoides (Fig. 14-1). Se localiza, por tanto, en la fosa craneal media, conectada

[1] Ambos términos son derivados del griego; hipófisis (de *hypo* = debajo y *physis* = crecimiento); pituitaria (de *ptuo* = echar, emitir y *pituita* = mucus). Este último término refleja la antigua creencia de que el moco procedente del cerebro se expulsaba por la nariz a través de la pituitaria.

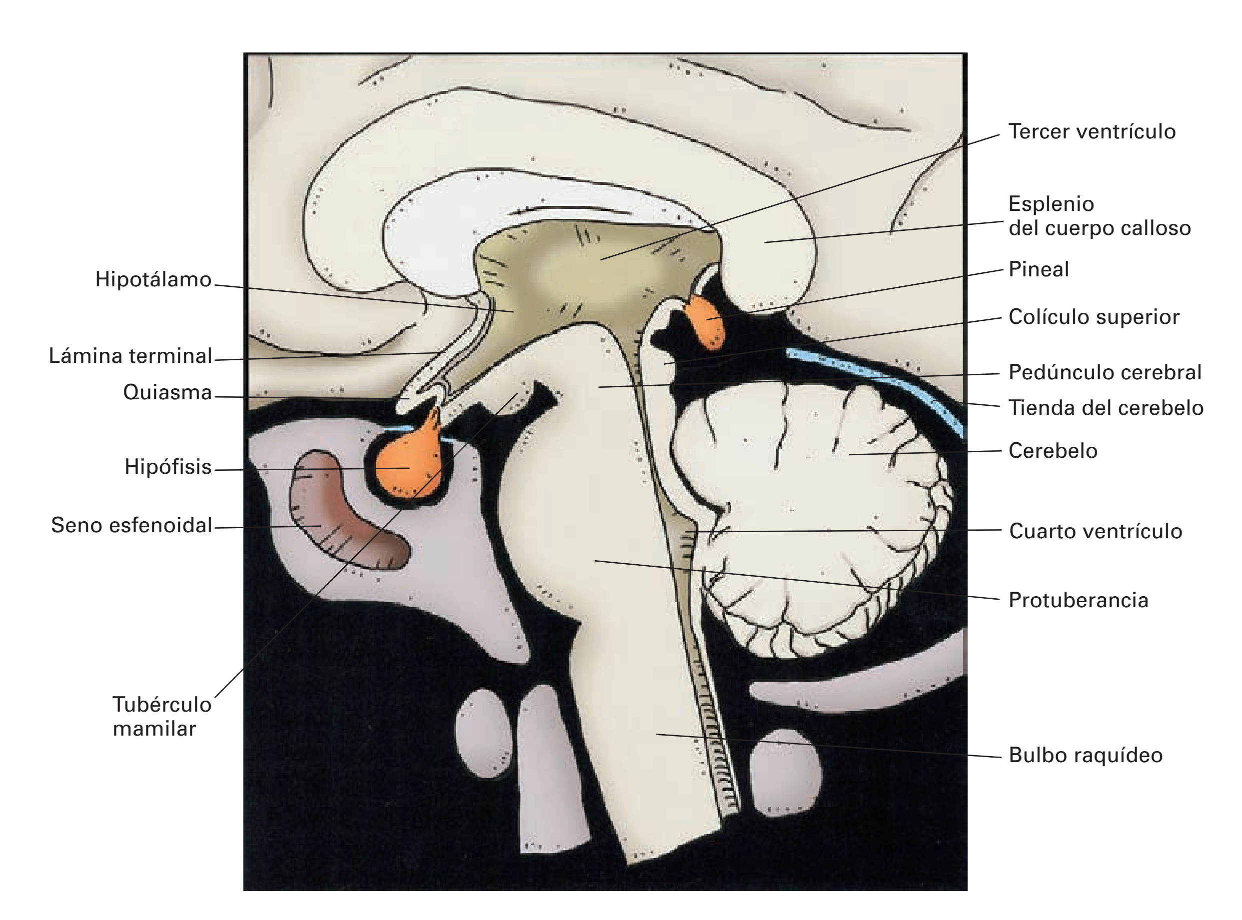


Figura 14-1. Sección sagital del sistema nervioso por la regiones diencefálica y del tronco del encéfalo para mostrar la ubicación de la hipófisis y de la pineal.

mediante un tallo superior con el centro del rombo hipotálamico (parte del diencéfalo que asoma a la base del encéfalo), del cual parece colgar. La mayor parte de esta glándula está contenida en un estuche osteofibroso denominado **celda hipofisaria** (Fig. 14-2), de donde sólo sobresale hacia arriba la parte más craneal de la glándula que la conecta con el hipotálamo (véase más adelante). La parte ósea de la celda es la fosa hipofisaria, la cual forma sus paredes anterior, inferior y posterior. Las paredes laterales y superior de la celda hipofisaria son fibrosas, formadas por tabiques de duramadre. El tabique que forma la pared superior o techo es el **diafragma de la silla**, que es una lámina horizontal extendida entre los bordes anteriores y posteriores de la fosa hipofisaria con una perforación central por la que pasa el tallo de conexión con el hipotálamo. En esta celda, y principalmente por su parte inferior, la glándula se encuentra rodeada por un seno venoso.

Relaciones

A través de las paredes de la celda hipofisaria, la hipófisis se relaciona con los elementos que la rodean (Fig. 14-1). Hacia arriba, a través del diafragma de la silla, se relaciona con la cara inferior del cerebro correspondiente al quiasma óptico, por delante, y los cuerpos mamilares por detrás. Hacia atrás se relaciona con la protuberancia del tronco del encéfalo a nivel de la terminación del tronco basilar. Lateralmente, se relaciona con el contenido de los senos cavernosos a través de su pared medial. Finalmente, por delante y por debajo de la celda hipofisaria se encuentra el seno esfenoidal, que separa la glándula del trasfondo de las fosas nasales y de la cavidad faríngea, respectivamente.

Conociendo la localización anatómica de la hipófisis en su celda y sus relaciones, es fácil comprender que la lesión que curse con aumento del tamaño de la glándula pueda producir alteraciones visuales (compresión del quiasma óptico), síndromes del seno cavernoso o dolor de cabeza. Así mismo, permite también comprender que la vía de acceso quirúrgico preferido para su extirpación sea transesfenoidal. Mediante la microcirugía transesfenoidal se puede actuar sobre la hipófisis accediendo a ella desde las fosas nasales a través del seno esfenoidal.

Forma

La hipófisis tiene forma ovoidea con diámetro mayor transversal (las dimensiones aproximadas en el adulto son

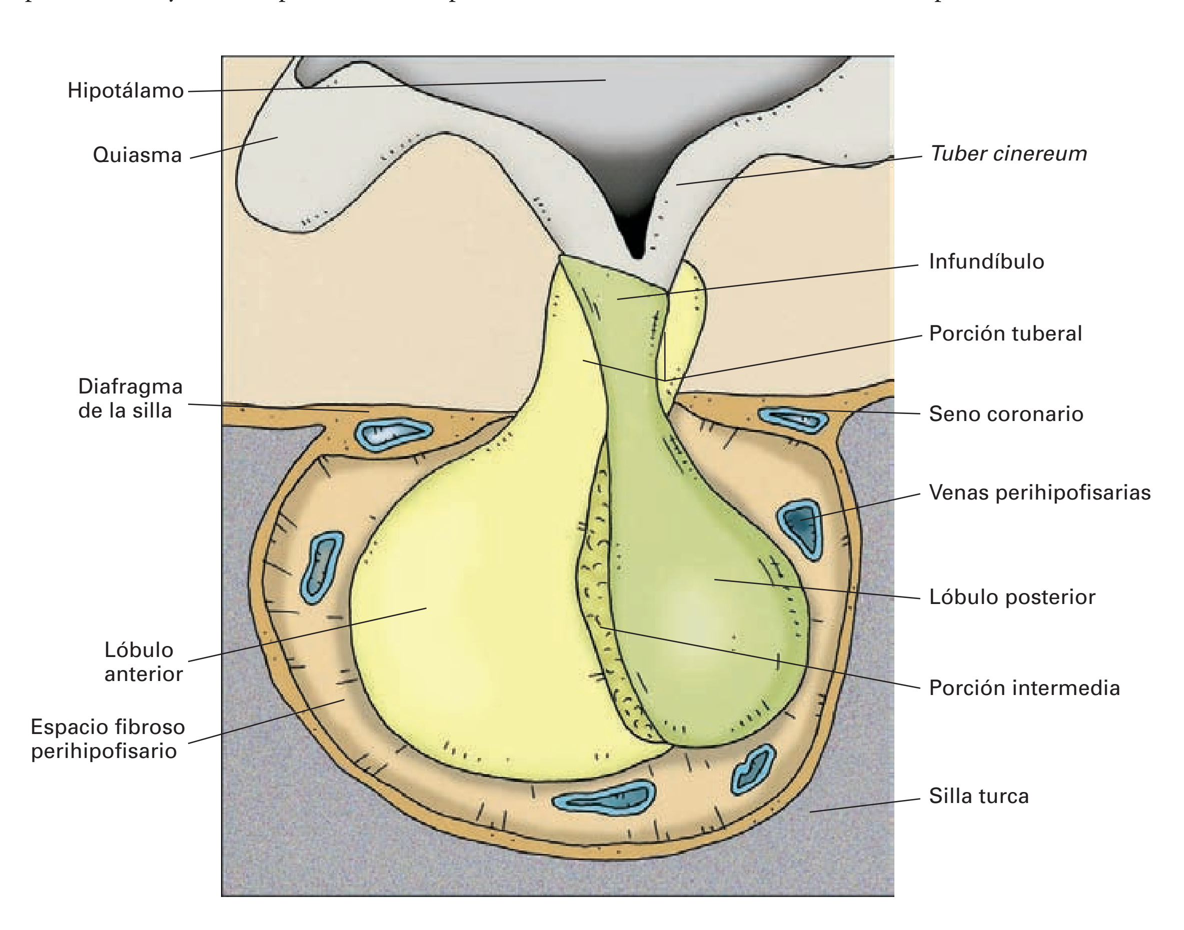


Figura 14-2. Visión lateral izquierda de la hipófisis en la silla turca.

12 mm en sentido transversal, 8 mm en sentido vertical y 5 mm en sentido anteroposterior).

Tanto desde el punto de vista anatómico como fisiológico, pueden distinguirse dos partes o lóbulos en la hipófisis denominadas **lóbulo posterior** o nervioso y **lóbulo anterior** o glandular (Fig 14-2). Estos dos componentes son claramente diferenciables, incluso a simple vista, por su diferente coloración, ya que la parte anterior es más rojiza por estar más vascularizada.

El lóbulo posterior es redondeado y se prolonga hacia arriba por una parte estrechada, el **infundíbulo** (*tallo hipofisario*), y más cranealmente mediante una porción más ensanchada, la **eminencia media**, que se continúa con el *tuber cinereum* del hipotálamo. Esta parte de la glándula deriva embriológicamente del diencéfalo y por ello recibe el nombre de **neurohipófisis**.

El lóbulo anterior es más grande y rodea, aunque no completamente, el lóbulo posterior. Por ser un derivado del ectodermo del estomodeo (boca embrionaria), recibe el nombre de **adenohipófisis**. Una prolongación craneal del lóbulo anterior, que rodea el infundíbulo y la eminencia media, se denomina **porción tuberal**. En la parte más posterior del lóbulo anterior suelen encontrarse unas pequeñas cavidades, normalmente muy poco desarrolladas en el ser humano, que representan un resto embriológico de la *bolsa de Rathke* y reciben el nombre de **porción intermedia**.

La bolsa de Rathke es una evaginación del ectodermo del techo del estomodeo que forma la adenohipofisis.

Se puede por tanto, considerar la hipófisis formada por dos componentes, la neurohipófisis y la adenohipófisis. La neurohipófisis comprende el lóbulo posterior de la glándula, el tallo hipofisario y la eminencia media. La adenohipófisis comprende el lóbulo anterior de la glándula, la porción tuberal y la porción intermedia.

Estructura

Neurohipófisis

Embriológicamente, se forma como un crecimiento caudal del diencéfalo ventral, por lo que contiene los axones procedentes, principalmente, de dos núcleos hipotalámicos: el núcleo supraóptico y el paraventricular. Estos axones forman el **tracto supraopticohipofisario** (*haz hipotalámico-hipofisario neurosecretor*), que discurre a lo largo del infundíbulo y cuyas terminaciones dilatadas se encuentran

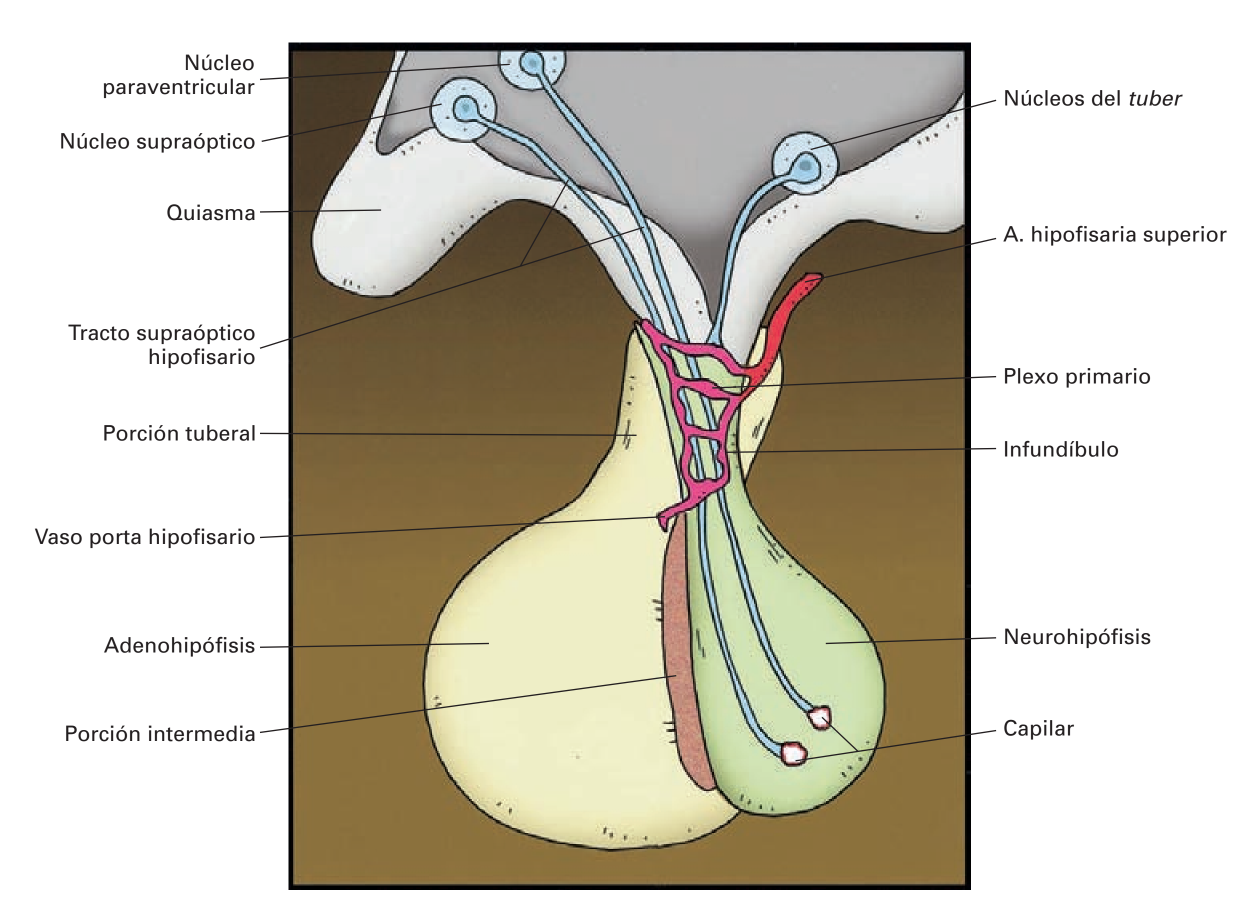


Figura 14-3. Esquema de los tractos neurohipofisarios.

preferentemente en el lóbulo posterior (Fig. 14-3). Algunos de los axones que discurren por el infundíbulo proceden de los núcleos tuberales y terminan en el plexo primario, donde drenan su secreción para regular la función de la adenohipófisis. La *vasopresina* (hormona antidiurética, ADH o también arginina vasopresina, AVP) y la *oxitocina* son sintetizadas en los somas neuronales de los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo. Los gránulos de secrección son transportados a través de los axones sin mielinizar hasta su terminación en el lóbulo posterior, donde son liberados a la circulación en los abundantes capilares que rodean las terminaciones axonales. La neurohipófisis contiene además células gliales de soporte denominadas **pituicitos**. En la mayoría del encéfalo, los capilares participan en la formación de la barrera hematoencefálica; sin embargo, en la neurohipófisis los capilares son similares a los capilares de las glándulas endocrinas, ya que son fenestrados facilitando, por tanto, la difusión de los productos secretados a la circulación.

Adenohipófisis

Está formada por células epiteliales de forma variable ordenadas en cordones o folículos y rodeadas de múltiples sinusoides. Las células epiteliales sintetizan las *hormonas adenohipofisarias* y en ellas se distinguen cinco tipos celulares diferentes, cada uno de ellos especializado en la producción de una hormona particular (Fig. 14-4). La identificación de los distintos tipos celulares fue una ardua tarea que, inicialmente, se basó en la diferente afinidad por distintos colorantes. Las células se clasificaron en **cromófilas** o **cromófobas** según su afinidad por los colorantes y en acidófilas o basófilas atendiendo al pH del colorante. Las **células acidófilas**, también denominadas **células α**, comprenden las productoras de *somatotropina* u hormona del crecimiento (GH, del inglés *growth hormone*) y las productoras de *prolactina* (PRL) o mamotropas. Las **células basófilas**, también denominadas **células β**, comprenden las células secretoras de *corticotropina* o *tirotropina* (ACTH, del inglés *adrenocorticotropin hormone*), de la *hormona estimulante del tiroides* (TSH, del inglés *tiroid stimulating hormone*) y de *gonadotropinas* (FSH del inglés *follicle stimulating hormone*, y LH, del inglés *luteinizing hormone*). Recientemente, el desarrollo de anticuerpos específicos y el refinamiento de las técnicas de inmunocitoquímica han permitido establecer una correlación precisa entre cada tipo celular y la hormona particular que produce. Actualmente, se acepta que las **células cromófobas** serían precursores de estos tipos celulares, así como células ya diferenciadas pero en períodos de descanso.

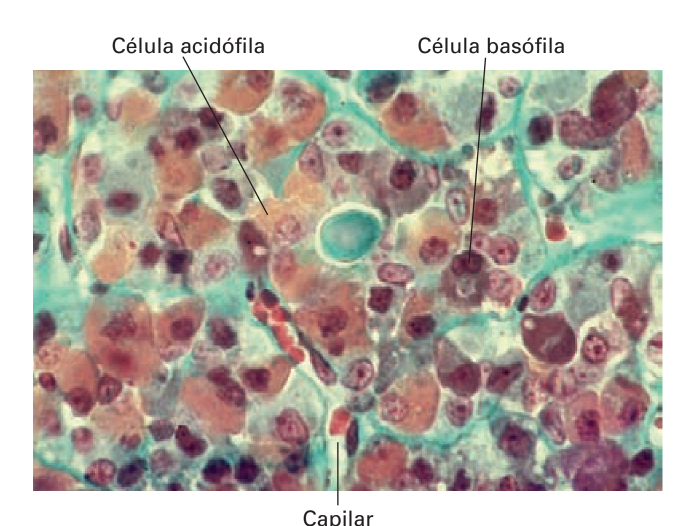


Figura 14-4. Microfotografía de la adenohipófisis. Tricrómico de Masson.

La adenohipófisis secreta las hormonas de una forma pulsátil. Cada hormona de la adenohipófisis se produce bajo el estímulo de hormonas hipotalámicas que son transportadas hasta la eminencia media y luego liberadas a la circulación portal hipofisaria para llegar a la adenohipófisis. Las hormonas hipotalámicas se unen a receptores de alta afinidad que presentan en su membrana las células de la adenohipófisis. Las células de la adenohipófisis están también reguladas por las hormonas secretadas por sus órganos efectores. De esta manera, las señales procedentes del cerebro y de la periferia se integran regulando la función hipofisaria y manteniendo un estado endocrino normal.

Las alteraciones de la hipófisis pueden ser específicas o generalizadas, es decir, afectan a todas o específicamente a algunas de las funciones hipofisarias. Por ejemplo, la **acromegalia** se produce por un exceso de hormona del crecimiento, generalmente causado por un crecimiento de la adenohipófisis. Si ocurre antes de la pubertad, puede causar **gigantismo**. En la acromegalia, el crecimiento excesivo comienza en las partes distales de las extremidades (manos y pies) y progresivamente, va alcanzando otras partes del cuerpo. El crecimiento de los huesos y estructuras blandas de la cara provoca que las facciones se vuelvan toscas.

La falta de concentraciones adecuadas de hormona del crecimiento ocasiona el **enanismo hipofisario**. Se produce un retraso del crecimiento que origina talla baja y aplanamiento de la curva de crecimiento. Actualmente, el tratamiento sustitutivo con hormona del crecimiento puede ser muy eficaz.

Vascularización

Arterias. Son las arterias hipofisarias superior e inferior, que proceden de la arteria carótida interna (Fig. 14-5).

La **arteria hipofisaria superior** se origina de la carótida interna cuando ésta abandona el seno cavernoso. Es fre-

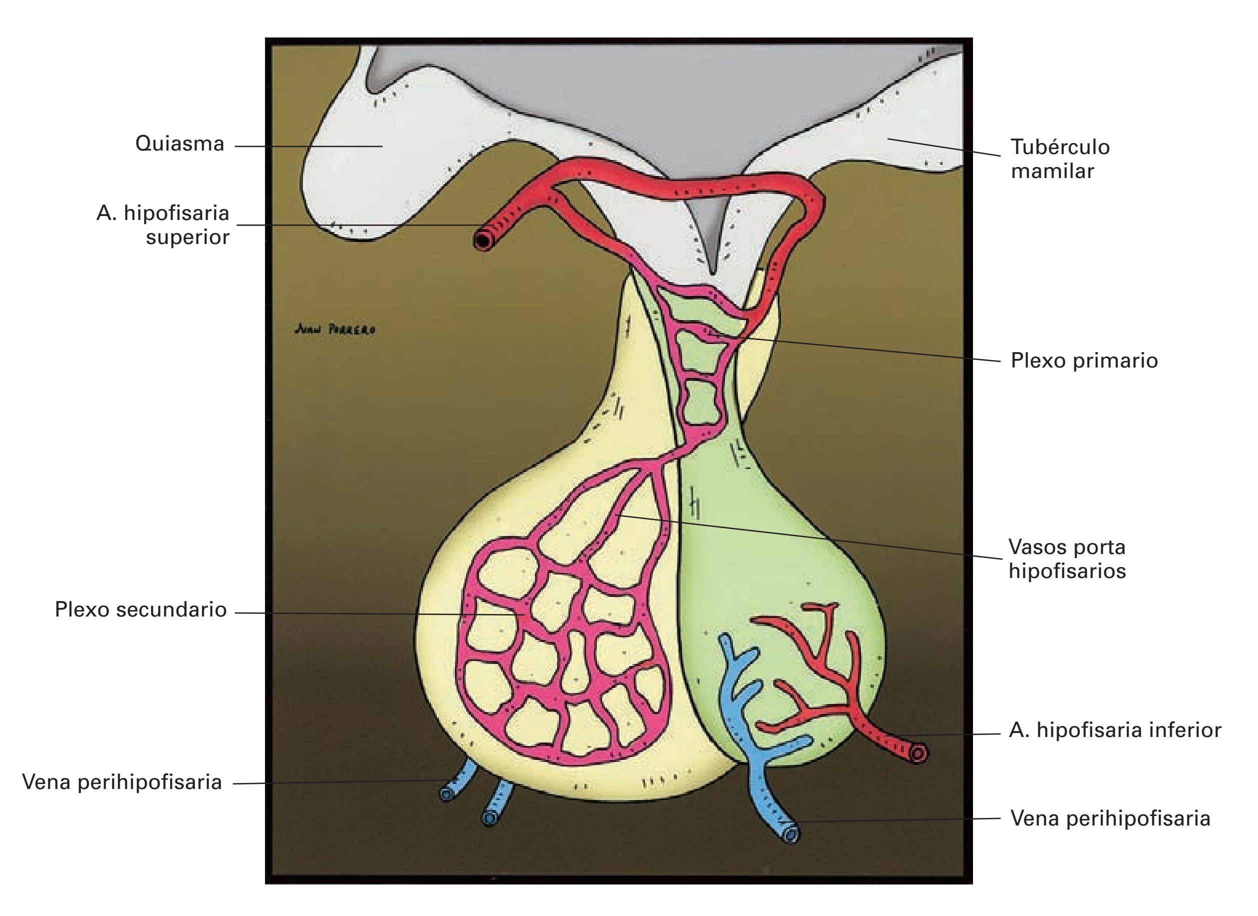


Figura 14-5. Esquema de la vascularización de la hipófisis con el sistema porta hipofisario.

cuente que surgan varias arterias hipofisarias superiores a cada lado. Desde su origen, se dirigen hacia el tallo hipofisario, por encima de la celda hipofisaria, buscando sus homólogas contralaterales, con las que se anastomosan en un plexo capilar que rodea la eminencia media. De este plexo superficial surgen ramas que penetran en la eminencia media y en el infundíbulo formando una red capilar o **plexo primario**. Los capilares de este plexo primario confluyen y dan lugar a los **vasos porta hipofisarios**, que se dirigen al lóbulo anterior al cual irrigan, y en el que se ramifican en un denso lecho capilar sinusoidal denominado **plexo secundario**. Por tanto, el riego vascular que recibe la adenohipófisis proviene del plexo capilar primario del infundíbulo y de la eminencia media. En el plexo primario drenan su secreción los axones procedentes de los núcleos tuberales del hipotálamo, que, a través del sistema de vasos porta, llega al lóbulo anterior. La secreción de estos axones hipotalámicos incluye factores liberadores e inhibidores de las secreción de la adenohipófisis y ésta es la forma en que el hipotálamo ejerce su control sobre la glándula. Este sistema circulatorio de la hipófisis es análogo al del hígado y recibe el nombre de **circulación portal hipofisaria.**

La **arteria hipofisaria inferior** se origina en el trayecto cavernoso de la carótida interna. Perfora la pared medial del seno cavernoso y penetra en la celda hipofisaria anastomosándose con su homóloga contralateral para irrigar el lóbulo posterior. Los sistemas arteriales dependientes de las arterias hipofisarias superior e inferior se comunican entre sí y están también en conexión con las redes vasculares hipotalámicas.

Venas. El drenaje venoso se realiza por las **venas perihipofisarias** que a través del seno intervenoso, situado en el diafragma de la silla, drenan en el **seno cavernoso** (Fig. 14-2).

GLÁNDULA PINEAL

La **glándula pineal**[2] es una pequeña glándula situada en la parte central del encéfalo. Recibe también el nombre de **epífisis** del cerebro. Durante bastante tiempo se ha des-

[2] El término pineal deriva del latín *pinea* = piña. El filósofo francés Descartes, defensor del dualismo mente (alma) y cuerpo (materia), señaló que la glándula pineal era el lugar de interacción entre esas dos realidades. Idea absolutamente errónea y disparatada a la luz de nuestros conocimientos actuales, pero intuición genial de un gran pensador. La unidad de la consciencia del sujeto exigía una estructura única e impar para poder llevar a cabo la interacción; curiosamente, la glándula pineal es la única estructura impar del cerebro.

preciado la función de la glándula pineal en los mamíferos al considerarse que sufría una importante atrofia desde el principio de la juventud. Actualmente, se ha demostrado que desempeña un papel importante en el control de los ritmos circadianos.

Forma y situación (Figs. 14-1;14-6)

Presenta una forma piriforme de base anterior. Su color es gris rojizo y su longitud aproximada, de 8 mm. Ocupa la depresión marcada entre los colículos superiores por debajo del esplenio del cuerpo calloso, del que está separada por la tela coroidea del tercer ventrículo y por la gran vena cerebral. Está unida al techo del tercer ventrículo por un tallo corto y hueco de tejido no nervioso. La cavidad del tallo se denomina **receso pineal** del tercer ventrículo. En el labio dorsal de este receso se encuentra la comisura habenular, y en el labio ventral la comisura posterior.

Estructura (Fig. 14-6)

La estructura de la glándula pineal se corresponde con la de un órgano neurosecretor. En el ser humano la glándula carece de fibras nerviosas eferentes, lo que permite descartar otra función que no sea la secretora. Consta de cordones y folículos de células epiteliales denominadas **pinealocitos** y **células intersticiales neurogliales**, rodeadas de capilares fenestrados. Los pinealocitos secretan la hormona *melatonina*. La glándula está rodeada de una cápsula fibrosa que emite tabiques hacia el interior del parénquima glandular dividiéndolo en lobulillos.

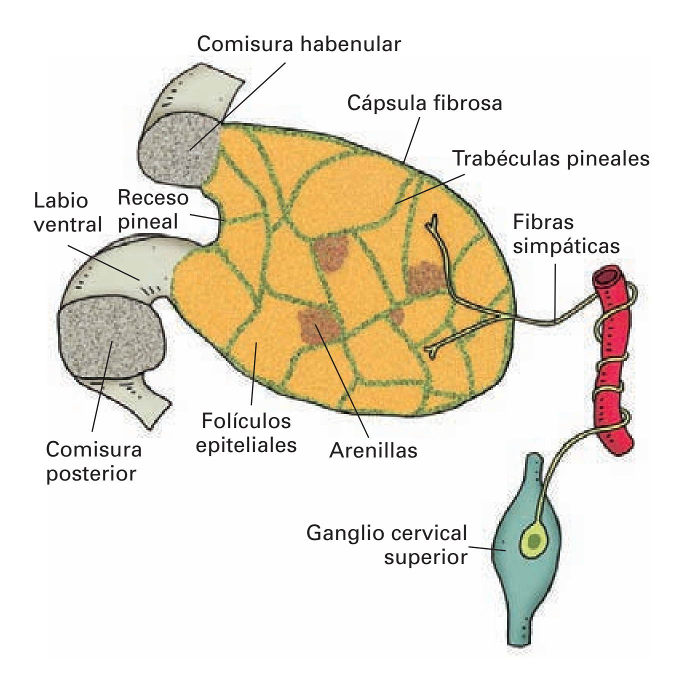


Figura 14-6. Representación esquemática de la organización estructural de la glándula pineal.

A partir de la segunda década de vida, las células gliales de la glándula pineal acumulan un material calcificado denominado **arenilla cerebral**, hecho que no se ha descrito en otras especies. Estas calcificaciones permiten identificar fácilmente la glándula en las radiografías y sirven para valorar si una lesión cerebral provoca desplazamiento de estructuras según varíe o no la glándula pineal de su posición central. La arenilla cerebral que aumenta con la edad, se interpretó erróneamente como reflejo de la atrofia de esta glándula desde una edad temprana.

En peces, anfibios y reptiles la glándula pineal es un receptor lumínico que recibe información sensorial, lo que le ha valido el nombre de «tercer ojo». En los mamíferos esta función se ha perdido y, actualmente, se acepta que la glándula pineal es una glándula endocrina con gran importancia reguladora. La secreción de *melatonina* depende de la luz ambiental, y aumenta en la oscuridad. La concentración de melatonina en sangre varía a lo largo del día, en relación con el ciclo luz-oscuridad, por lo que se considera que puede actuar como un oscilador circadiano endógeno. Se ha demostrado que la melatonina puede influir en procesos importantes como el sueño o la temperatura corporal, especialmente en los procesos relacionados con el ciclo circadiano. Es interesante destacar que el uso de anticuerpos muy específicos ha permitido descubrir células secretoras de melatonina en otras zonas corporales.

Vascularización

Arterias. Las **arterias pineales** son ramas de las arterias coroideas posteromediales, ramas a su vez de las arterias cerebrales posteriores. Como corresponde a una glándula de secreción interna, la glándula pineal presenta una rica irrigación.

Venas. Numerosas venas pineales drenan en las venas cerebrales internas y en la gran vena cerebral.

Inervación

La inervación es simpática noradrenérgica. Las únicas aferencias que recibe la glándula son fibras posganglionares periarteriales procedentes del ganglio cervical superior (Fig. 14-6 y 19-5). Las neuronas preganglionares del núcleo simpático medular están reguladas por impulsos descendentes procedentes, algunos de ellos, del núcleo supraquiasmático del hipotálamo. El núcleo supraquiasmático recibe conexiones de la retina a través del tracto retinohipotalámico, que lleva información lumínica no visual. Esta es la ruta a través de la cual la luz exterior regula la actividad de la glándula pineal.

GLÁNDULA TIROIDES

Es una glándula impar situada en el tercio inferior del cuello que rodea el eje visceral aéreo-digestivo. Es uno de los órganos endocrinos más grandes del organismo. La función del tiroides es sintetizar, almacenar y liberar las *hormonas tiroideas*, esenciales para el metabolismo y homeostasis. También produce la *hormona calcitonina*, implicada en la regulación de las concentraciones de calcio en la sangre.

Evolución

La capacidad de incorporar yodo a compuestos orgánicos está presente en todo el reino animal, incluidos invertebrados como moluscos, crustáceos e insectos. Pero el tejido tiroideo como tal, sólo se encuentra en los vertebrados. En los primitivos cordados, como *Amphioxus*, se encuentran en el suelo de la faringe unos conductillos denominados *endostilos*, que parecen ser los predecesores del tejido tiroideo. Los endostilos producen compuestos yodados que transportan al tubo digestivo.

En los anfibios, las hormonas tiroideas desempeñan un papel importantísimo en el proceso de la metamorfosis, la cual no sucede cuando se extirpa la glándula tiroides del renacuajo. Inmediatamente antes de la metamorfosis, el nivel de hormonas tiroideas aumenta produciendo grandes cambios en la forma y estructura del animal. Quizá la metamorfosis sea la demostración más espectacular de la capacidad de regulación génica de las hormonas tiroideas, que prácticamente actúan como factores de transcripción.

Forma

Está formada por dos **lóbulos**, uno derecho y otro izquierdo, casi simétricos a ambos lados de la tráquea y conectados entre sí por una banda estrecha de tejido glándular denominada **istmo** (Fig. 14-7).

La forma de los lóbulos es cónica, con un polo superior afilado que alcanza la línea oblicua superior del cartílago tiroides, mientras que el polo inferior, más engrosado, llega al quinto cartílago traqueal a nivel de la apertura superior del tórax (mide aproximadamente 5 cm de altura, 3 cm en sentido transversal y 2 cm en sentido anteroposterior). En cada lóbulo pueden distinguirse tres caras, una *cara anteroexterna*, convexa y superficial, una *cara visceral* cóncava, aplicada a las vísceras del cuello, y una pequeña *cara dorsal* que une las dos anteriores (Fig. 14-8).

El istmo es la parte de la glándula que conecta los dos lóbulos por su parte inferior y se continúa con ellos. Por detrás se aplica a los primeros cartílagos traqueales, generalmente a nivel del segundo y tercero. Aproximadamente mide 1.5 cm de altura aunque presenta cierta variabilidad; puede estar engrosado o puede incluso faltar. Con frecuencia (40 %), desde el istmo se proyecta hacia arriba un crecimiento con forma digital que recibe el nombre de **lóbulo piramidal**. Este lóbulo piramidal se suele situar justo al lado de la línea media, algo más frecuentemente a la izquierda. Puede existir un ligamento que conecta el vértice del lóbulo piramidal con el agujero ciego de la lengua y que representa los restos del conducto tirogloso del embrión.

Situación

La glándula tiroides está localizada en la región anteroinferior del cuello, por delante y a los lados de la laringe y de la tráquea, en el **espacio visceral del cuello**. El espacio que ocupa la glándula tiroides se denomina **celda tiroidea** y está separado de los órganos que lo rodean por planos fasciales. La vaina visceral que engloba al esófago y la tráquea fija firmemente la glándula tiroides a estos órganos. Por tanto, durante los movimientos de deglución, el tiroides se eleva simultáneamente con la laringe y la tráquea. Dentro de su celda la glándula está rodeada por una fina cápsula de tejido conjuntivo denominada **cápsula tiroidea**.

> La celda tiroidea tiene gran importancia clínica porque puede contener los crecimientos glandulares si éstos se producen y, además, porque facilita la disección quirúrgica.

Superficialmente, la glándula está cubierta por los músculos infrahioideos envueltos en la fascia pretraqueal. Profundamente, la glándula se adosa a la tráquea, la laringe y el esófago. En el espacio entre el esófago y la tráquea discurre el nervio laríngeo recurrente, que en su trayecto ascendente hacia la laringe se relaciona con la cara visceral de los lóbulos tiroideos. La cara dorsal de los lóbulos se corresponde con el paquete vasculonervioso del cuello englobado en la vaina carotídea.

Relaciones (véase espacio Visceral del cuello)

Cambios con la edad

La glándula tiroides evoluciona con la edad. En el niño es relativamente más voluminosa que en el adulto. En la mujer aumenta de tamaño en relación con el ciclo menstrual y con el embarazo, y suele ser siempre mayor que en el hombre. La capacidad de crecimiento de esta glándula es enorme y se han descrito glándulas de varios cientos de gramos en casos de bocio extremo.

Variaciones

La morfología de la glándula tiroides es variable. Por ejemplo, el istmo puede faltar o estar muy desarrollado constituyendo otro lóbulo. Además, pueden existir **glándulas accesorias** o tejido tiroideo accesorio, que suele encontrarse a lo largo del recorrido que el esbozo glándular sigue durante el

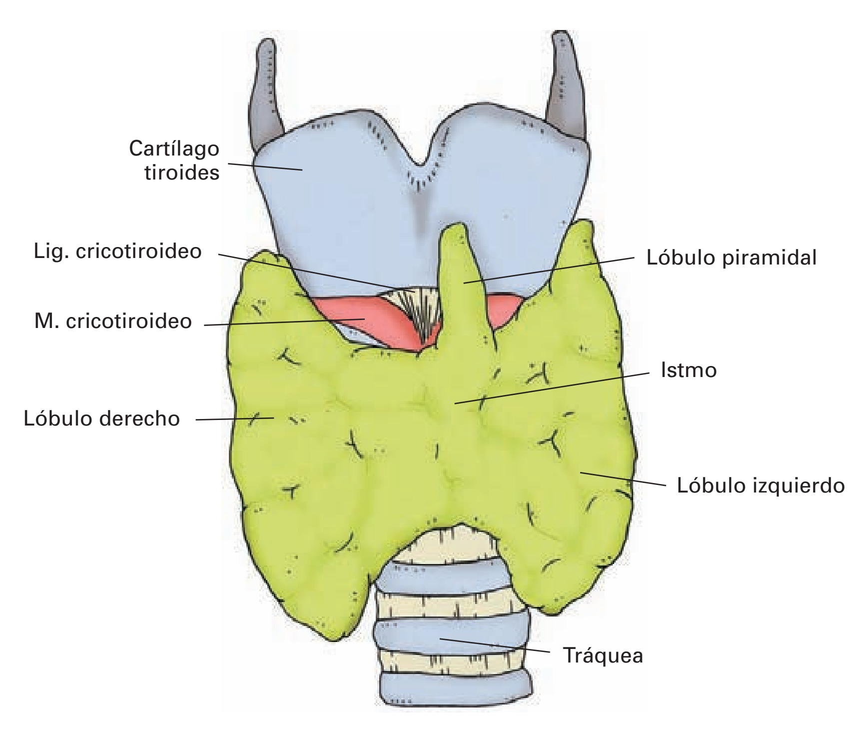


Figura 14-7. Visión anterior de la glándula tiroides.

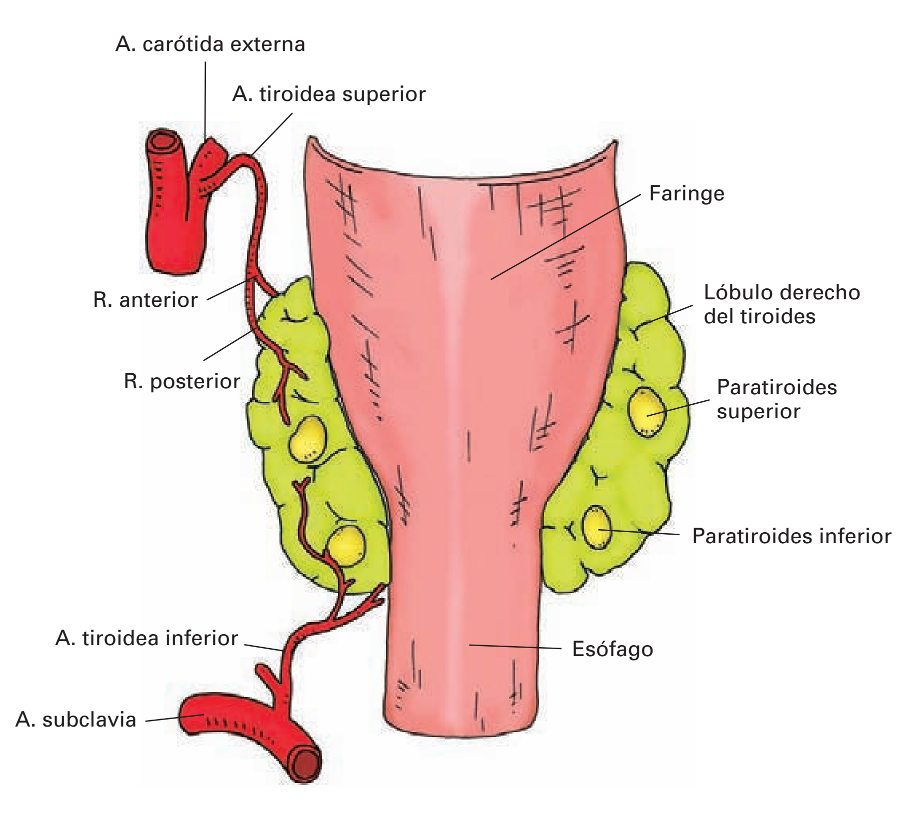


Figura 14-8. Visión posterior de la glándula tiroides con las paratiroides.

desarrollo embrionario, desde su origen en el agujero ciego de la lengua hasta su posición definitiva. Si persisten restos del *conducto tirogloso* pueden originar quistes (*quistes del conducto tirogloso*) o bien *tejido tiroideo ectópico.*

Las técnicas de **gammagrafía** identifican tejido tiroideo, tanto en el interior de la glándula como en cualquier otra localización, e independientemente de que este tejido tiroideo sea funcional. Estas técnicas se basan en la capacidad selectiva del tejido tiroideo de acumular ciertos isótopos de yodo (131I, 125I y 123I). Los isótopos pueden ser detectados y cuantificados y los resultados obtenidos transformados en una imagen que indica la localización del tejido tiroideo.

El área de proyección de la glándula tiroides queda limitada entre la laringe palpable por arriba y la horquilla del esternón por abajo. En condiciones normales, la glándula suele ser palpable y se hace muy evidente cuando se hipertrofia. La hipertrofia de la glándula tiroides (**bocio**), si es de cierta importancia, altera de manera notable la forma del cuello. La **tiroidectomía** (extirpación quirúrgica del tiroides) es un procedimiento quirúrgico frecuente, aunque, en general, la extirpación del tiroides no es total. Como se explicará en la siguiente sección, es importante preservar, siempre que sea posible, las glándulas paratiroides. Finalmente, conviene recordar que al realizar una traqueotomía es importante tener en cuenta las posibles variaciones en la forma y la posición del tiroides.

Estructura

La glándula está cubierta por una fina capa de tejido conjuntivo, la **cápsula tiroidea.** De esta cápsula se desprenden tabiques que penetran en el interior del parénquima separando agrupaciones de 20-40 acinos que constituyen los **lobulillos** tiroideos, cada uno de ellos con su propia rama arterial. Los contornos irregulares de los lobulillos pueden observarse desde la superficie de la glándula.

El tejido tiroideo está formado por agrupaciones de **acinos** o **folículos** llenos de **coloide** y rodeados de un rico lecho capilar (Fig 14-9). Las paredes de estos folículos están formadas por una hilera de células epiteliales denominadas células folículares, que constituyen el componente principal de la glándula. Las **células foliculares** secretan las hormonas tiroideas *tiroxina* (T4) y *triyodotironina* (T3), caracterizadas porque contienen yodo. El coloide que ocupa el interior de los folículos representa la reserva de hormonas tiroideas ya sintetizadas.

La actividad del tiroides está bajo el control de la adenohipófisis mediante la producción de la *hormona estimulante del tiroides* o *tirotropina* (TSH). A su vez la producción de TSH está mediada por la hormona liberadora de tirotropina (TRH; del inglés, *thyrotropin releasing hormone*) de origen hipotalámico. Las células tiroideas son capaces de metabolizar el yodo e incorporarlo principalmente en dos hormonas, la *triyodotironina* (T3) y la *tiroxina* (T4), sintetizadas a partir del aminoácido tirosina. Las hormonas tiroideas tienen un amplio efecto sobre el desarrollo y el metabolismo. Durante el desarrollo fetal y los primeros meses de vida posnatal las hormonas tiroideas son imprescindibles para el desarrollo y la maduración del sistema nervioso central y para el crecimiento. La falta de hormonas tiroideas en estos períodos acarrea un deficit intelectual irreversible (**cretinismo**). En el adulto, las hormonas tiroideas desempeñan un papel esencial en muchos procesos metabólicos.

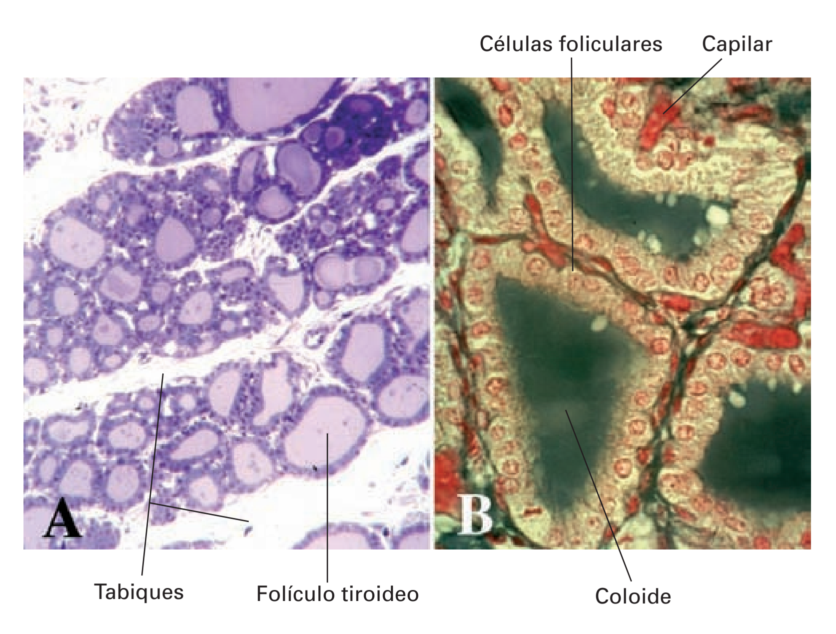


Figura 14-9. Microfotografías de la glándula tiroides. (A) Corte semifino. (B) Tricrómico de Masson. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

Dada la importancia de las hormonas tiroideas, los desequilibrios en su producción tienen gran repercusión clínica. Una tasa reducida de hormonas tiroideas conduce al **hipotiroidismo** o **mixedema**, caracterizado por una lentificación general del metabolismo. Por el contrario, la producción excesiva de hormonas tiroideas conduce al **hipertiroidismo**, en el cual se da una aceleración del metabolismo.

Son múltiples las causas que pueden causar hipotiroidismo, pero una de las más frecuentes es la producción de anticuerpos contra la propia glándula tiroides. Dependiendo de las concentraciones de hormonas tiroideas, el hipotiroidismo que se produce es más o menos evidente y se manifiesta por aumento de peso, lentitud, intolerancia al frío y problemas de esterilidad y cardíacos. Son frecuentes también los **hipotiroidismos subclínicos**, que cursan con síntomas inespecíficos como cansancio, apatía, tristeza o incluso depresión y resultan por tanto difíciles de diagnosticar. El tratamiento con hormonas tiroideas soluciona muchos de estos casos.

El hipertiroidismo también se conoce como tirotoxicosis. Probablemente, el término tirotoxicosis es más correcto, ya que esta alteración puede tener su origen fuera del tiroides, por ejemplo en tumores de la hipófisis. Se caracteriza por piel caliente y enrojecida, pelo fino y friable y retracción del párpado superior con protrusión del globo ocular. La causa más frecuente es la **enfermedad de Graves-Basedow**.

Otro componente celular de la glándula son las **células parafoliculares, células claras** o **células C**, que aparecen en grupos en la periferia de los folículos. Estas células son de tipo APUD (véase más adelante) y se clasifican dentro del sistema endocrino difuso. Son las responsables de la producción de la hormona *calcitonina*, que disminuye las concentraciones de calcio y fósforo iónico en sangre e inhibe la reabsorción de estos iones en el hueso. Las células parafoliculares proceden de la cresta neural y se integran en el tejido tiroideo. En los peces permanecen formando un órgano discreto denominado **cuerpo último branquial** (posbranquial) que constituye un órgano específico secretor de calcitonina.

Junto con la hormona paratiroidea secretada por las glándulas paratiroides, la calcitonina es la segunda hormona implicada en la regulación de la homeostasis del calcio. Puesto que la calcitonina inhibe la reabsorción ósea por los osteoclastos, se ha usado con fines terapéuticos para el tratamiento de las enfermedades que cursan con exceso de reabsorción ósea, como la **osteoporosis** y la **enfermedad de Paget**, caracterizada por la aparición de focos de osteoclastos activos que producen resorción ósea.

Vascularización

Arterias. El tiroides es una glándula muy vascularizada, pues recibe sangre de las arterias tiroideas superiores e inferiores. Las arterias tiroideas son sumamente largas y establecen anastomosis entre ellas dentro y fuera de la glándula, asegurando un buen riego (Fig. 14-8).

La **arteria tiroidea superior** (Fig. 15-52) es la primera colateral que surge de la arteria carótida externa. Con trayecto descendente se dirige al polo superior de la glándula. La **arteria tiroidea inferior** es rama de la arteria subclavia (Fig. 15-64). Aborda la extremidad inferior de los lóbulos tiroideos De manera inconstante, la glándula tiroides puede también recibir irrigación de la **arteria tiroidea ima**. Es un ramo arterial fino que se origina directamente del cayado de la aorta, entre el origen del tronco braquiocefálico y el de la carótida común izquierda, o de alguno de estos dos troncos. Sigue un trayecto ascendente por delante de la tráquea hasta llegar al istmo tiroideo.

Venas. En la superficie de la glándula se forma un plexo venoso subcapsular que confluye en tres venas tiroideas. Las **venas tiroideas superior y media** drenan en la venas yugulares internas, la primera de ellas generalmente a través de su desembocadura en el tronco tirolinguofacial. La **vena tiroidea inferior** desemboca en el tronco venoso braquiocefálico izquierdo (Fig. 15-51).

Linfáticos (Fig. 15-69). Los linfáticos de la glándula drenan hacia las cadenas ganglionares adyacentes. Los vasos linfáticos de la parte superior de los lóbulos tiroideos drenan hacia los **ganglios cervicales profundos** que acompañan a la vena yugular interna. Los linfáticos de la parte inferior de los lóbulos tiroideos y del istmo van a los **nódulos linfáticos prelaríngeos, pretraqueales y paratraqueales**. Los ganglios prelaríngeos y pretraqueales drenan hacia los paratraqueales o los cervicales profundos.

Inervación

La glándula tiroides recibe inervación simpática de la cadena laterovertebral cervical (Fig. 19-5) y parasimpática del nervio vago a través del nervio laríngeo recurrente (Fig. 18-31). Las fibras simpáticas posganglionares suelen proceder del primer ganglio cervical y terminan sobre el sistema vasomotor y sobre la cara basal de las células foliculares. De esta manera, la inervación simpática puede regular el flujo de sangre a través de la glándula y la actividad secretora de las células foliculares.

GLÁNDULAS PARATIROIDES

Las **glándulas paratiroides** son pequeñas glándulas anexas a la cara posterior de los lóbulos tiroideos. Generalmente, hay cuatro glándulas paratiroides, dos a cada lado, que por su posición se distinguen como **glándulas paratiroides superiores** e **inferiores**. Son las encargadas de producir la *hormona paratiroidea* (PTH, del inglés *parathyroid hormone*), que es un importante regulador de las concentraciones

de calcio iónico en sangre y los líquidos extracelulares. Las concentraciones de calcio en sangre tienen que estar muy finamente controladas, ya que pequeñas desviaciones pueden causar trastornos nerviosos y musculares[3].

Situación (Fig. 14-8)

Las dos glándulas de cada lado, una superior y otra inferior, se encuentran adosadas a la cara posterior de los lóbulos tiroideos, por dentro de su cápsula y en la proximidad del eje visceral. Aunque se trata de su localización más frecuente, ésta dista mucho de ser constante, pues las glándulas paratiroides pueden encontrarse en una amplia gama de posiciones. En general, sirve de orientación la presencia de un ramo arterial que discurre verticalmente en la cara dorsal de los lóbulos tiroideos conectando la arteria tiroidea superior con la inferior y que suele pasar cerca de ambas paratiroides, principalmente de la paratiroides superior, que parece suspendida de esta rama. Las relaciones de las glándulas paratiroides son las mismas que las de la cara dorsal de los lóbulos tiroideos. Específicamente la paratiorides inferior se suele relacionar con el nervio laríngeo recurrente.

> El hecho de que las glándulas paratiroides no tengan una localización constante, plantea problemas quirúrgicos, no solamente cuando hay que actuar sobre ellas, ya que también es preciso localizarlas para evitar su extirpación cuando se requiere realizar una tiroidectomía.

Forma

Su forma es esférica aplanada, semejante a una lenteja. Su color castaño permite distinguirlas en la superficie de la glándula tiroides pero, debido a sus pequeñas dimensiones y a la variabilidad en su localización, en ocasiones puede resultar difícil su identificación.

Variaciones

Además de las variaciones en su posición, el número de glándulas paratiroides tampoco es constante; puede faltar alguna o a veces hay glándulas supernumerarias. Se ha descrito *tejido paratiroideo ectópico*, generalmente en posición craneal en el cuello, reflejo de la alteración en el proceso de descenso desde su origen embriológico en las bolsas faríngeas. Tampoco son raras las agrupaciones ectópicas de tejido paratiroideo en el mediastino anterior. En casos de hiperfunción paratiroidea que requieren extirpación de las glándulas, la presencia de tejido ectópico puede ser la causa del fracaso del tratamiento.

> El **hiperparatiroidismo primario** se caracteriza por una producción elevada de PTH con origen en las paratiroides. Fue descrito por primera vez por von Recklinghausen como **osteítis fibrosa quística**. Las concentraciones elevadas de PTH en suero causan hipercalcemia e hiperfosfatemia, y pérdida de hueso cortical. Si hay una falta de producción de PTH, se produce un **hipoparatiroidismo**, que se acompaña de hipocalcemia. La hipocalcemia se manifiesta por irritabilidad neuromuscular, parestesias peribucales y tetania espóntanea o latente. La causa más frecuente de hipocalcemia es el hipoparatiroidismo posquirúrgico, que puede aparecer tras la extirpación de las paratiroides subsecuente a tiroidectomía radical, disecciones de cuello por tumores o lesión inadvertida quirúrgica del riego paratiroideo.

Estructura (Fig. 14-10)

El componente fundamental del tejido paratiroideo son las **células principales**. Estas células, de naturaleza epitelial, son las productoras de la PTH, principal regulador de la concentración de calcio en la sangre. Las células principales se organizan en trabéculas que están inmersas en un rico lecho capilar. La superficie externa de las paratiroides está envuelta por una fina cápsula de tejido conjuntivo y, generalmente, dentro de la cápsula tiroidea.

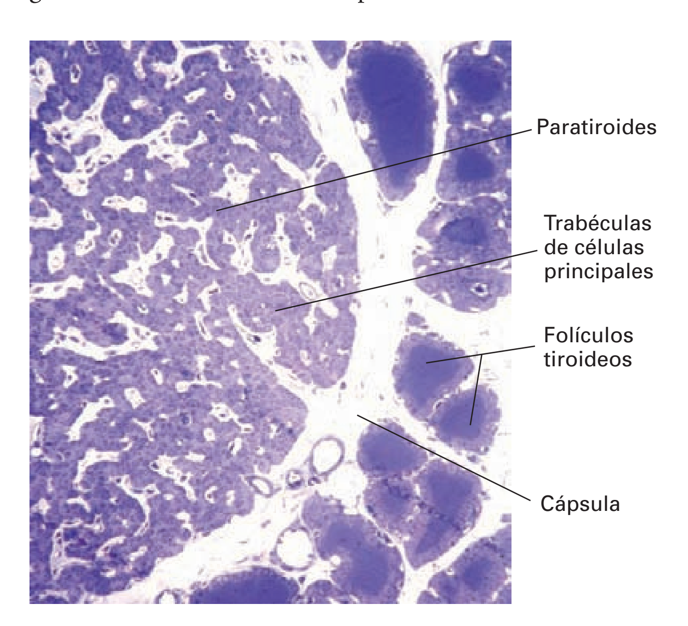


Figura 14-10. Microfotografía de la glándula paratiroides. Corte semifino.

[3] Las paratiroides se descubrieron a consecuencia de los graves signos clínicos que aparecían tras la extirpación radical de la glándula tiroides. La eliminación de las paratiroides provocaba una hipocalcemia que causaba espasmos musculares y tetania.

Entremezcladas con las células principales hay un pequeño porcentaje de **células oxífilas**. Aunque se ha pensado que se trata de células en reposo o precursoras de las células principales, la realidad es que no se conoce la función de estas células.

Vascularización (Fig. 14-8)

Proporcionalmente a su tamaño, las glándulas paratiroides reciben un importante riego arterial. Cada paratiroides tiene un ramo arterial propio, las superiores de la arteria tiroidea superior y las inferiores de la arteria tiroidea inferior de su lado. Las venas son tributarias de las venas tiroideas correspondientes, y los linfáticos acompañan a las venas.

GLÁNDULAS SUPRARRENALES

Son unas glándulas endocrinas situadas en relación con el polo superior de los riñones. Reciben también el nombre de *cápsulas suprarrenales* o de **glándulas adrenales**. Cada glándula suprarrenal comprende en realidad dos glándulas endocrinas funcionalmente distintas, la **corteza** y la **médula**, pero que están englobadas en una cápsula única. La corteza y la médula suprarrenal tienen también un origen diferente; mientras que la corteza deriva de células mesodérmicas que se unen a la cavidad celómica delimitando la cresta urogenital, la médula suprarrenal deriva de células de la cresta neural que, posteriormente, invaden la corteza suprarrenal.

La corteza suprarrenal sintetiza tres tipos de hormonas esteroideas; que son *glucocorticoides (cortisol), mineralocorticoides (aldosterona)* y andrógenos (dehidroepiandrosterona). La secreción de estas hormonas está bajo el control de la ACTH producida en el lóbulo anterior de la hipófisis y es indispensable para la vida. La médula suprarrenal funciona en íntima asociación con el sistema nervioso simpático y es una fuente importante de *catecolaminas (adrenalina* y *noradrenalina).*

Situación (véase Fig. 10-1)

Las glándulas suprarrenales se encuentran en el **espacio retroperitoneal**, donde ocupan la parte posterosuperior del abdomen en íntima relación con el polo superior y la parte suprahiliar del borde medial de los riñones. Generalmente, la glándula derecha se sitúa más baja y un poco más lateral que la izquierda ocupando el ángulo entre el riñón y la vena cava inferior. La glándula izquierda se aplica al borde medial del riñón por encima del hilio. Las glándulas suprarrenales están incluidas en la fascia renal y, por tanto, están rodeadas de la grasa perirrenal pero están separadas del riñón por una lámina de tejido conjuntivo (Fig. 10-4).

Forma

Las suprarrenales tienen una forma piramidal, con dimensiones aproximadas de 2-3 cm de anchura, 4-6 cm de longitud y 1 cm de grosor. En el lado derecho, la forma de la glándula se aproxima a la de un tetraedro, mientras que en el lado izquierdo es más semilunar. En la superficie glandular se observan numerosos surcos, que le confieren un aspecto arrugado. En cada glándula suprarrenal pueden distinguirse tres caras, **anterior**, **posterior** y **renal**. La cara anterior está también inclinada lateralmente y en ella se distingue un surco, marcado por la emergencia de la vena central, que se denomina **hilio** de la glándula. La cara posterior, inclinada medialmente, corresponde al diafragma. La cara renal es cóncava debido a que se aplica sobre el riñón.

Relaciones (véase espacio Retroperitoneal)

Cambios con la edad

Hacia la mitad de la gestación, el tamaño de la glándula suprarrenal supera al del riñón. En el recién nacido son también proporcionalmente mucho más grandes que en el adulto, ya que su tamaño es sólo ligeramente inferior al que alcanzan en el sujeto adulto.

Variaciones

Con cierta frecuencia se encuentra tejido suprarrenal en otras localizaciones formando **glándulas suprarrenales accesorias**. Se denominan *suprarrenales accesorias verdaderas* cuando contienen tanto tejido cortical como medular. En general, los crecimientos ectópicos contienen solamente tejido cortical, salvo cuando están situados medialmente a la glándula principal. Los sitios en los que puede aparecer tejido ectópico son muy variados; se han descrito en el hilio del bazo, en el plexo celíaco, en relación o dentro de los ovarios, o de los ligamentos anchos, en el escroto, en el hígado y en las paredes de la vesícula biliar.

Estructura (Figs. 14-11, 14-12 y 14-13)

En el parénquima de la glándula se distingue una parte externa de color amarillento correspondiente a la corteza suprarrenal y que contrasta con otra parte interna rojiza, correspondiente a la médula. La corteza representa la mayor parte de la glándula (aproximadamente el 90 %), y el componente medular queda reducido a únicamente un 10 %.

La **corteza suprarrenal** está formada por tejido epitelial que, atendiendo a su disposición, contiene tres capas

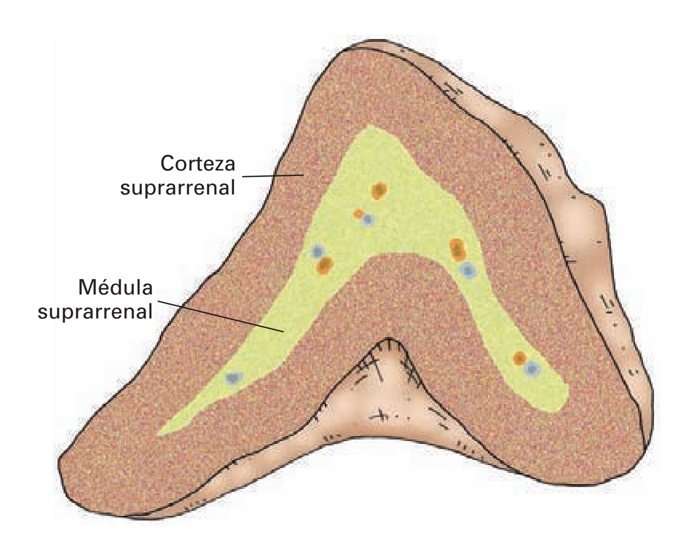


Figura 14-11. Representación esquemática de una sección frontal de la glándula suprarrenal.

(Fig. 14-12). La capa más externa se denomina **capa glomerular** por la disposición anidada de los cordones epiteliales. En la capa media o **capa fascicular** las células epiteliales se agrupan en cordones radiales. La capa más interna o **capa reticular** se caracteriza por la agrupación irregular de cordones epiteliales entre sinusoides fenestrados. Las zonas estructurales de la corteza suprarrenal se corresponden con los lugares de secreción de diferentes esteroides. En la zona glomerular se produce el mineral corticoide *aldosterona*, mientras que en la zona fasciculada y, en menor medida, en la zona reticular se sintetiza el glucocorticoide *cortisol*. La *dehidroepiandrosterona* se produce en la zona fascicular y es sulfatada en la zona reticular.

La **médula suprarrenal** está formada por **células cromafines** pertenecientes al sistema APUD, capaces de sintetizar *catecolaminas* y de almacenarlas (Fig 14-13). En el cadáver es difícil de estudiar porque se degrada rápidamente después de la muerte. En realidad, las células de la médula suprarrenal son segundas neuronas del sistema nervioso simpático, que en lugar de liberar su neurotransmisor en la sinapsis, lo hacen a la circulación.

Cada glándula está envuelta en una fina capa de tejido conjuntivo areolar laxo y, más externamente, en una gruesa cápsula fibrosa dependiente de la fascia renal, como hemos indicado antes.

Vascularización

Arterias (Figs. 15-40; 10-1). El riego arterial de las glándulas suprarrenales depende de tres fuentes arteriales, la arteria frénica inferior, la aorta abdominal y la arteria renal. La arteria frénica inferior proporciona de una a tres **arterias suprarrenales superiores** que abordan la glándula por su polo superior. La **arteria suprarrenal media** se origina en la aorta abdominal y alcanza el borde medial de la glándula. Finalmente, de la arteria renal, o de una de sus ramas, se desprende la **arteria suprarrenal inferior**.

Microcirculación. Todas estas arterias contribuyen a la formación de un *plexo arteriolar subcapsular*, de donde surge un denso plexo de capilares radiales que atraviesa la corteza hacia la médula. En la capa reticular los vasos se anastomosan formando un rico *plexo sinusoidal* alrededor de las células de esta zona, el cual drena en venas que atraviesan la médula hacia la vena central. La médula suprarrenal dispone de un plexo sinusoidal propio formado a partir de arterias medulares que atraviesan la corteza sin vascularizarla.

Venas. El plexo sinusoidal de la médula confluye formando la **vena suprarrenal central** (Fig. 10-1), que recoge casi la totalidad de la sangre venosa de la glándula y aflora en el hilio glandular. La vena suprarrenal central derecha es muy corta y termina directamente en la vena cava inferior, en tanto que la vena suprarrenal izquierda es más larga puesto que desciende para desembocar en la vena renal izquierda.

Inervación

La glándula suprarrenal recibe fibras nerviosas mediante el **plexo suprarrenal**, el cual acompaña a los vasos supra-

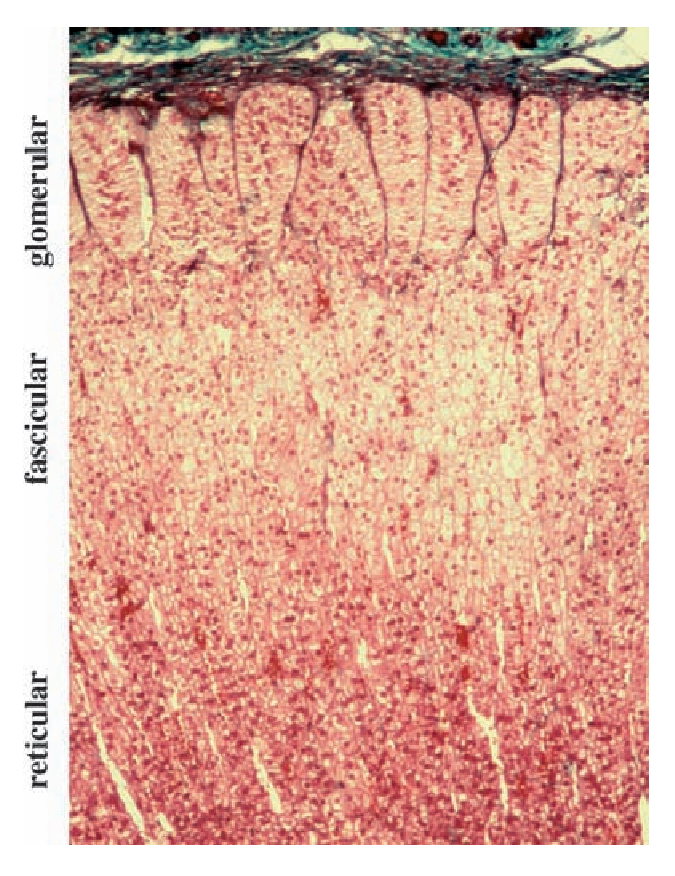


Figura 14-12. Microfotografía de la glándula suprarrenal. Tricrómico de Masson.

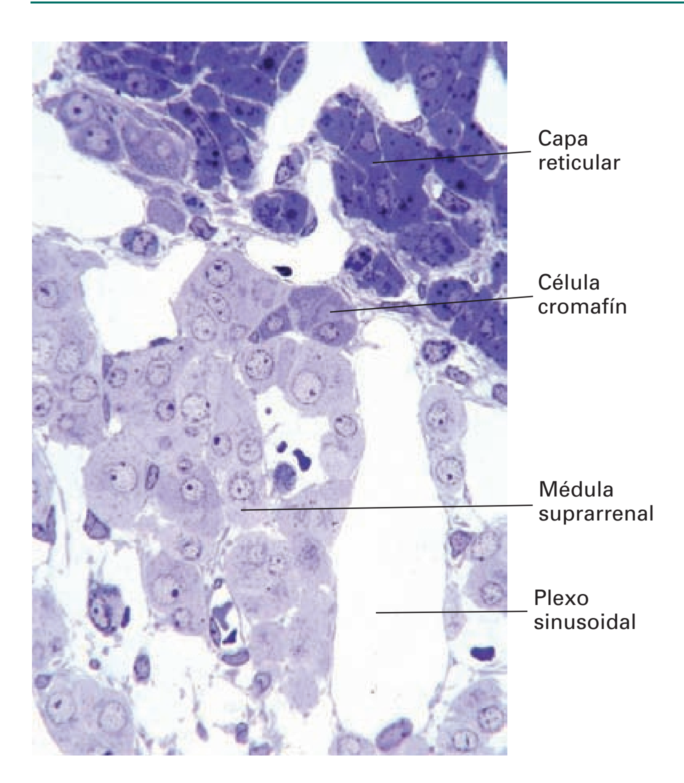


Figura 14-13. Microfotografía de la médula y de la capa reticular de la corteza de la glándula suprarrenal. Corte semifino. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

rrenales y procede del plexo celíaco (Fig. 19-6). A través de este plexo llegan tres tipos de fibras: fibras simpáticas posganglionares, fibras simpáticas preganglionares y fibras parasimpáticas. Las fibras simpáticas posganglionares inervan el plexo arterial subcapsular y controlan el flujo sanguíneo; parece ser que regulan también la actividad secretora de la corteza suprarrenal. Las fibras simpáticas preganglionares proceden de los nervios esplácnicos y llegan a la médula suprarrenal. Las células cromafines de la médula suprarrenal son en realidad neuronas posganglionares transformadas que, bajo el estímulo simpático, liberan catecolaminas al torrente sanguíneo. Por ello, la médula suprarrenal y el sistema nervioso simpático actúan como una unidad. Las fibras parasimpáticas proceden del tronco vagal posterior y su acción no está completamente aclarada.

Los *glucocorticoides* deben su nombre a su capacidad para elevar la concentración de glucosa en sangre. El glucocorticoide más abundante es el *cortisol* (o *hidrocortisona*). El cortisol y otros glucocorticoides tienen un potente efecto antiinflamatorio y deprimen la respuesta inmunitaria, por lo que se emplean mucho en terapéutica. Los *mineralocorticoides* deben su nombre a su capacidad para regular el metabolismo mineral (sodio y potasio). El mineralocorticoide más importante es la *aldosterona*, que regula la reabsorción de sodio en el riñón y controla la presión arterial. La corteza suprarrenal secreta también precursores de los *andrógenos* como la testosterona. Esta fuente de andrógenos es despreciable en el hombre adulto, pero es la mayor fuente de andrógenos en la mujer.

La disminución de la función de la corteza suprarrenal origina la **enfermedad de Addison**, que puede deberse a destrucción o mal funcionamiento de la corteza suprarrenal. Una producción excesiva de hormonas de la corteza suprarrenal origina el **síndrome de Cushing**, cuyo origen puede estar en el lóbulo anterior de la pituitaria o en un tumor suprarrenal o tener una causa iatrogénica.

La estimulación de la médula suprarrenal ocurre como respuesta al estrés físico o psíquico. El resultado es la liberación de adrenalina y noradrenalina, con el aumento consiguiente del tono simpático.

SISTEMA ENDOCRINO DIFUSO

Está representado por grupos celulares aislados que secretan hormonas sin estar restringidos a glándulas endocrinas específicas, sino diseminados ampliamente por el organismo. El concepto de sistema endocrino difuso surgió como consecuencia de una serie de estudios funcionales, ontogénicos y filogenéticos que demostraron características comunes en todas estas células capaces de secretar *péptidos* hormonales en distintas localizaciones del organismo, permitiendo su integración como una unidad. Se considera, por tanto, que el sistema endocrino difuso es un sistema global bien organizado cuya finalidad es regular y proteger al organismo. Las células que integran este sistema presentan características morfológicas comunes tanto a nivel óptico como ultraestructural. Inicialmente, recibieron el nombre de «células claras» por su aspecto en la microscopia óptica. Ultraestructuralmente, su principal característica es la presencia de abundantes gránulos de secreción.

Bioquímicamente, la característica principal de las células del sistema endocrino difuso es su capacidad para producir *hormonas peptídicas* y *aminas biógenas*. De esta propiedad particular surgió el acrónimo **APUD** (del inglés, *amine precursors uptake and decarboxylation*) indicando la capacidad de estas células de captar y decarboxilar precursores de aminas biógenas.

Se han descrito aproximadamente 40 tipos celulares integrados dentro del sistema APUD, que constituyen componentes menores en otros órganos. Estudios recientes con anticuerpos muy específicos ha permitido descubrir hormonas como la *serotonina* o la *melanina* en el epitelio alveolar, en el riñón o en el páncreas. Entre estos tipos celulares pueden mencionarse los siguientes: células de la médula suprarrenal, células endocrinas del tracto biliar, células endocrinas del árbol broncopulmonar, células endocrinas del aparato digestivo, células productoras de hormonas de la adenohipófisis, células de Merkel de la piel, células de los islotes pancreáticos, células parafoliculares o

células C del tiroides, paraganglios, y una mezcla de células neuroendocrinas en la mama, el cuello uterino, el hipotálamo, el riñón, la laringe, los ovarios, la glándula pineal, los testículos, el timo, el seno paranasal y la próstata.

El descubrimiento de que muchos de los componentes del sistema endocrino difuso derivan embriológicamente de la cresta neural, permitió proponer un origen común para todos los componentes y propició que este sistema recibiera también el nombre de **sistema neuroendocrino difuso**. Incluso se ha llegado a decir que todos los tipos celulares del sistema endocrino difuso constituyen una especie de linaje celular cuyo precursor se encontraría en la cresta neural y cuyos descendientes se dispersarían por todo el organismo. Sin embargo, aunque es cierto que la mayoría de sus componente tienen un origen neuroectodérmico en la cresta neural, otros de sus integrantes, como el importante componente intestinal, deriva del endodermo. Por ello, probablemente el término de sistema neuroendocrino difuso no sea tan apropiada como la de sistema endocrino difuso.

Dentro del sistema endocrino difuso conviene también hacer una referencia al sistema cromafín. Las **células cromafines** (*feocromocitos*) derivan del neuroectodermo, están inervadas por fibras simpáticas preganglionares y sintetizan *catecolaminas* , las cuales, al quedarse almacenadas en la célula, son las responsables de una una reacción típica cromafín. Las células cromafines constituyen una parte del sistema endocrino difuso en íntima asociación con el sistema simpático.

Los principales integrantes del sistema cromafín son la médula de las glándulas suprarrenales, los cuerpos paraaórticos, los paraganglios verdaderos, ciertas células de los cuerpos carotídeos, las células de Merkel, y las células C tiroideas.

La reacción cromafín positiva se encuentra también en células enterocromafines y en los mastocitos almacenadores de aminas.

PARAGANGLIOS

Son agregados de tejido cromafin extrasuprarrenal distribuidos ampliamente por el sistema nervioso autónomo. Los paraganglios de la cabeza y del cuello son especialmente notables y están ampliamente distribuidos alrededor de las estructuras vasculares, pero están particularmente concentrados en la bifurcación carotídea y en el golfo de la yugular.

Hay que considerar a los paraganglios como órganos endocrinos cuyas células secretoras son productoras de catecolaminas, que se suman a las suministradas por la médula suprarrenal; desempeñan un papel de considerable significado metabólico y clínico. Al igual que el tejido de la médula suprarrenal, los paraganglios son especialmente importantes en el feto.

Estructuralmente, los paraganglios están integrados por células claras secretoras y células de sostén.

CUERPOS PARAAÓRTICOS

Los **cuerpos paraaórticos** o **paraganglios abdominales** son dos agregados de tejido cromafín de aproximadamente 1 cm de longitud que se localizan a ambos lados de la aorta abdominal a la altura del origen de la mesénterica inferior. Suelen estar unidos por delante de la aorta por una masa intermedia.

Se desarrollan durante la vida fetal y alcanzan su tamaño máximo durante los primeros años de vida posnatal, pero antes de la pubertad ya se han desintegrado totalmente. Antes e inmediatamente después del nacimiento, representan una fuente importante de *catecolaminas* en una época de la vida en la que la médula suprarrenal y el sistema autónomo no están completamente diferenciados.

SECCIÓN X

APARATO CIRCULATORIO

CAPÍTULO 15

Aparato circulatorio

La vida se inició en el agua, y durante millones de años sólo existió en ella. Cuando hace unos 400 millones de años los seres vivos se aventuraron a saltar a la tierra, conservaron la vida porque llevaban dentro de sí un medio acuoso. Toda célula está rodeada de un medio denominado *líquido intersticial* o *tisular*. De este líquido toman las moléculas que necesitan, y a él eliminan sus productos de deshecho. El líquido tisular se origina a partir de la sangre, se renueva continuamente y vuelve a la sangre.

El aparato circulatorio es una vía cerrada que transporta la sangre asegurando que llegue a las células del organismo para recibir su nutrición y que luego retorne al punto de partida. Consta de un órgano central, el corazón, y de un sistema de conducción, los vasos, que pueden ser sanguíneos o linfáticos.

> El estudiante de Medicina debe ser consciente de que una parte importante de la patología que verá en su vida como médico general corresponde a enfermedades del aparato circulatorio. Y que, en los países desarrollados, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte.
>
> Las técnicas modernas de imagen, como la RM o la arteriografía, permiten ver los vasos sanguíneos sin necesidad de abrir el cuerpo, por lo que el buen conocimiento de su disposición y distribución en el organismo ha adquirido una progresiva importancia, incluso para el médico no especialista.

El **corazón** es una bomba muscular que cumple dos funciones básicas: a) crea la presión suficiente para que la sangre circule y, b) distribuye la sangre entre el organismo y los pulmones.

Los **vasos sanguíneos** son de tres tipos: arterias, venas y capilares. Las **arterias** transportan la sangre del corazón a todas las partes del organismo; son excepción el cartílago y la córnea, que carecen de vasos. Los **capilares** son el lugar de intercambio de nutrientes, gases y productos metabólicos entre la sangre y las células. Las **venas** conducen la sangre desde los capilares al corazón. Como consecuencia del intercambio de moléculas en los capilares se produce el líquido intersticial. Parte de este líquido retorna a los capilares sanguíneos y pasa a las venas; otra parte forma la linfa, que es recogida por los **vasos linfáticos**. Estos últimos terminan drenando en el sistema venoso y, de esta forma, todo el medio líquido retorna al corazón.

> La rotura de un vaso sanguíneo «abre» el sistema cerrado y provoca la **hemorragia**. La sangre puede salir fuera del cuerpo (hemorragia externa) o a las cavi-

dades orgánicas (hemorragia interna). La localización y el tamaño del vaso pueden comprometer la vida de un sujeto en cuestión de minutos.

Es posible reparar arterias mediante injertos que sustituyen la zona dañada[1]. Los injertos arteriales son prótesis tubulares textiles (preferentemente de *dacrón*) o fragmentos de venas (generalmente de las venas safenas de la extremidad inferior).

En la actualidad, se pueden reparar los vasos mediante catéteres introducidos en la luz vascular, los cuales tienen en su extremo complejos dispositivos que permiten manipular la pared del vaso.

CIRCULACIÓN DE LA SANGRE

El corazón consta de cuatro cavidades o cámaras: **dos aurículas, derecha e izquierda**, y **dos ventrículos, derecho e izquierdo**. Las aurículas son cámaras receptoras de sangre y los ventrículos son cámaras de eyección de sangre. La aurícula derecha comunica con el ventrículo derecho y la aurícula izquierda, con el ventrículo izquierdo. Las cavidades derechas estás separadas de las izquierdas por tabiques. Por eso se divide el corazón en una mitad derecha (corazón derecho) y otra izquierda (corazón izquierdo). El corazón derecho contiene sangre pobre en oxígeno y rica en anhídrido carbónico (sangre venosa) y el corazón izquierdo contiene sangre rica en oxígeno y pobre en anhídrido carbónico(sangre arterial). La sangre venosa y la arterial no se mezclan.

La sangre circula por el corazón y el torrente circulatorio recorriendo un círculo (Fig. 15-1). La sangre es expulsada del corazón por el ventrículo izquierdo y conducida por la aorta y sus ramas arteriales de distribución a los capilares de los tejidos de todo el organismo. En los capilares, la sangre cede oxígeno y nutrientes a las células, y recoge anhídrido carbónico y productos metabólicos. De este modo, la sangre arterial se transforma en venosa, la cual es conducida por las venas sistémicas de vuelta al corazón por la aurícula derecha. De la aurícula derecha la sangre pasa al ventrículo derecho, que la expulsa por la arteria pulmonar a los capilares pulmonares. En los pulmones tiene lugar la *hematosis*, proceso mediante el cual la sangre cede el anhídrido carbónico al aire de los pulmones y capta oxígeno, transformándose de este modo otra vez en sangre arterial. La sangre oxigenada de los pulmones sale por las venas pulmonares y llega a la aurícula izquierda; finalmente pasa al ventrículo izquierdo y se cierra el círculo.

[1] Los primeros injertos fueron realizados en 1906 por el fisiólogo y cirujano francés Alexis Carrel (1873-1944); se trataba de autoinjertos venosos en perros. Ideó un nuevo sistema de sutura de los vasos sanguíneos y fue un precursor de los trasplantes de órganos. En 1912 recibió el Premio Nobel de Medicina.

CIRCULACIÓN MAYOR Y MENOR

En este recorrido se distinguen dos circuitos diferentes: circulación menor o pulmonar y circulación mayor, general o sistémica.

La **circulación mayor**[2] es la parte del recorrido de la sangre desde que entra oxigenada en la aurícula izquierda hasta que retorna venosa a la aurícula derecha. Está al servicio de la nutrición del organismo.

La **circulación menor**[3] es la parte del recorrido de la sangre desde que entra pobre en oxígeno en la aurícula derecha hasta que retorna rica en oxígeno a la aurícula izquierda tras haber pasado por los pulmones. Está al servicio de la *hematosis* pulmonar.

Estas dos circulaciones en serie requieren que el corazón funcione como una doble bomba, una que recibe sangre del organismo y la expulsa a los pulmones (corazón derecho) y otra que recibe sangre de los pulmones y la expulsa al organismo (corazón izquierdo). Las arterias pulmonares llevan sangre venosa y las venas pulmonares, sangre arterial.

Funciones del aparato circulatorio

Las funciones del aparato circulatorio se derivan del transporte de sangre:

a) Lleva a las células el oxígeno y los nutrientes, y remueve de ellas los productos del metabolismo y el anhídrido carbónico.

b) Produce y renueva el líquido intersticial, regulando su composición.

c) Transporta hormonas que actúan como mensajeros para las células del cuerpo.

d) Contribuye a la defensa del organismo mediante el transporte de los glóbulos blancos y las inmunoglobulinas de la sangre.

e) Regula la temperatura corporal mediante ajustes circulatorios del flujo en los vasos de la piel.

SISTEMA PORTA: CONCEPTO

No toda la sangre retorna por las venas sistémicas directamente al corazón derecho desde los capilares sanguíneos.

[2] La circulación de la sangre fue descubierta por el médico inglés William Harvey en 1628. El relato de su descubrimiento es recogido en la obra «Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis animalibus». Esta pequeña obra introduce el método experimental en Medicina y puede decirse que con ella comienza la ciencia médica moderna.

[3] La circulación pulmonar había sido descrita mucho antes (1546) por el médico y teólogo español Miguel Servet. Lo hizo, curiosamente, en el Libro V de su «Christianismi Restitutio» en el que criticaba el dogma cristiano de la Trinidad. Perseguido por el reformador Calvino, fue acusado de hereje y quemado vivo en la hoguera en la ciudad de Ginebra en el año 1553. Parece ser que un médico árabe de Damasco, Ibn-an-Nafis la había descrito en el siglo XIII.

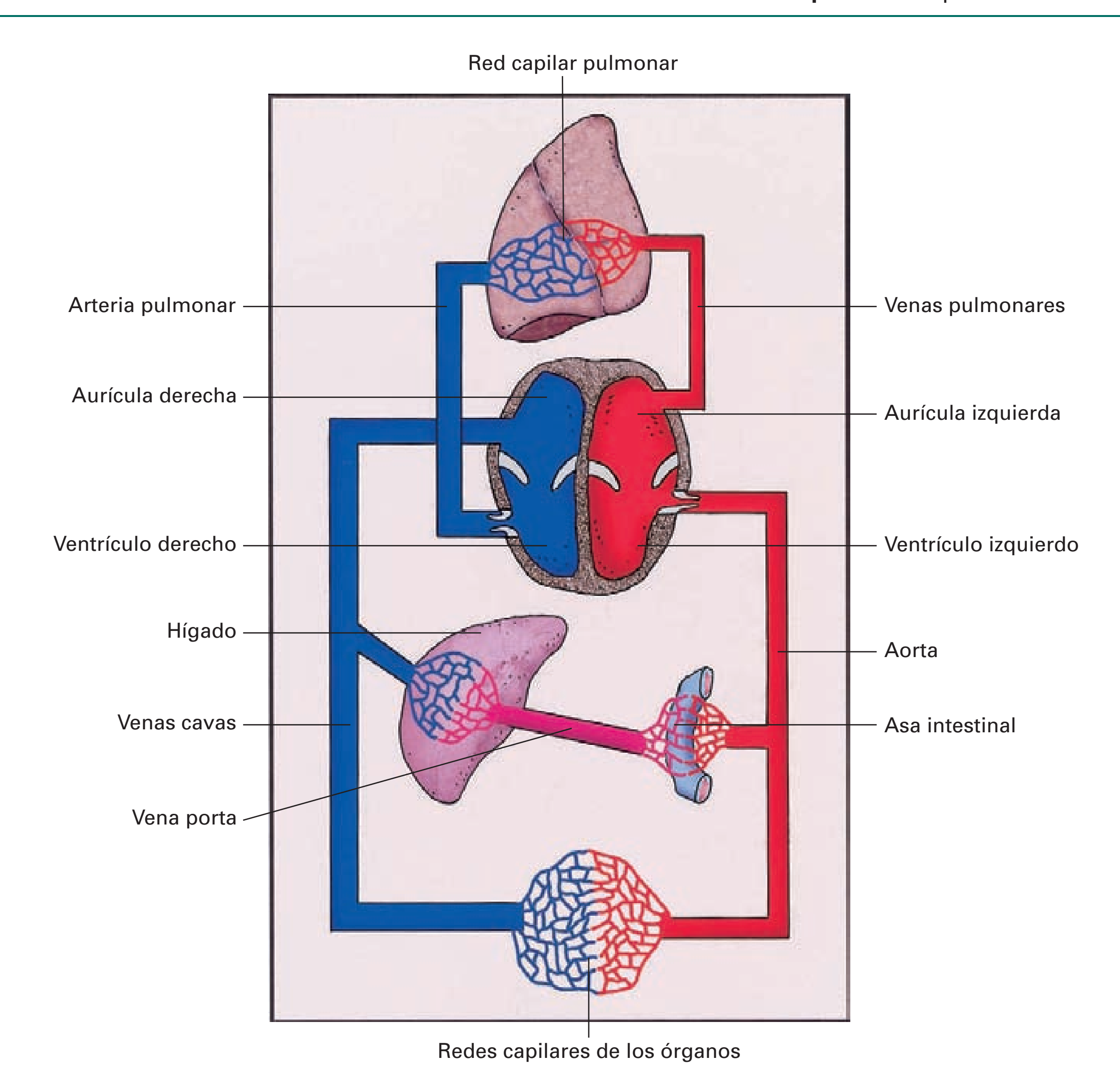


Figura 15-1. Esquema general de la circulación de la sangre.

En algunos lugares del organismo, aparato digestivo e hipófisis, existe un dispositivo especial que constituye la excepción: son los sistemas porta.

Un **sistema porta** es un conjunto vascular formado por venas que comienza y termina en una red capilar. De esta forma, en algunos lugares, la sangre pasa por dos redes capilares (Fig. 15-1).

La sangre de la porción abdominal del tubo digestivo, el páncreas y el bazo es recogida por una red capilar que es conducida al hígado por la vena porta; en el hígado, la vena porta se ramifica en una red capilar especial, los sinusoides hepáticos. El sistema porta hepático conduce al hígado el alimento absorbido en el aparato digestivo; en los sinuosides se produce intercambio de sustancias con las células hepáticas para ser metabolizadas. La sangre de los sinusoides retorna de nuevo a la circulación venosa sistémica por las venas hepáticas.

CARACTERISTÍCAS Y ESTRUCTURA GENERAL DE LOS VASOS SANGUÍNEOS

Desde el punto de vista clínico, existen importantes diferencias entre las arterias y las venas.

Características clínicas de las arterias: a) laten, y su pulso puede ser apreciado en las arterias superficiales cuando se palpan con los dedos a través de la piel; b) son difíciles de comprimir por tener paredes gruesas y elásticas; c) cuando se rompen, la sangre sale a gran presión («hemorragia en chorro»).

Características clínicas de las venas: a) no laten; b) tienen un tono azulado; su pared es más delgada y se comprimen más fácilmente; cuando se rompen, la sangre que sale

es mas oscura que la arterial y fluye más lentamente por la menor presión.

ARTERIAS

Las arterias[4] son los vasos que conducen la sangre desde el corazón hasta el resto del cuerpo. Constituyen un extenso sistema tubular que se inicia, en el caso de la circulación mayor, en la arteria aorta, que sale del ventrículo izquierdo, y, en el caso de la circulación menor, con la arteria pulmonar, que sale del ventrículo derecho. A medida que las arterias se alejan del corazón se ramifican repetidas veces dando origen a arterias de calibre progresivamente menor.

Se distinguen tres *tipos* de arterias: de calibre grande, de mediano calibre y arteriolas.

Las arterias de **calibre grande** son las más cercanas al corazón. Se denominan también **arterias elásticas** dado que en su pared hay gran predominio de fibras elásticas.

[4] Arteria (del griego, aer = aire y tereein = contenido). Antiguamente se creía que transportaban el «espíritu».

Estas arterias se distienden durante la sístole debido a la cantidad de sangre expulsada a presión del corazón y amortiguan la onda sistólica (como una colchoneta neumática), al tiempo que almacenan —por su elasticidad— una energía potencial que se manifiesta durante la diástole impulsando la sangre. De este modo, el impulso discontinuo de la bomba cardíaca es transformado en un flujo continuo y la presión arterial se mantiene. Si las arterias grandes fueran rígidas, el flujo sería intermitente y caería la presión en intervalos.

Las arterias de **mediano calibre** están más alejadas del corazón; se **denominan arterias musculares** por el predominio de fibras musculares lisas en su pared.

Las **arteriolas** son las arterias más pequeñas (Fig. 15-2); su diámetro oscila entre 100 y 30 μ, y preceden al lecho capilar. Los vasos con diámetro mayor de 100 μ no se consideran arteriolas. En su pared hay fibras musculares lisas, tanto menos abundantes cuanto más se aproxima la arteriola a los capilares. Las ramas arteriolares más finas, que preceden a los capilares, se denominan *arteriolas terminales* o *metarteriolas*. En la zona de continuidad de algunas metarteriolas con los capilares suele haber una capa de fibra muscular lisa denominada *esfínter precapilar*.

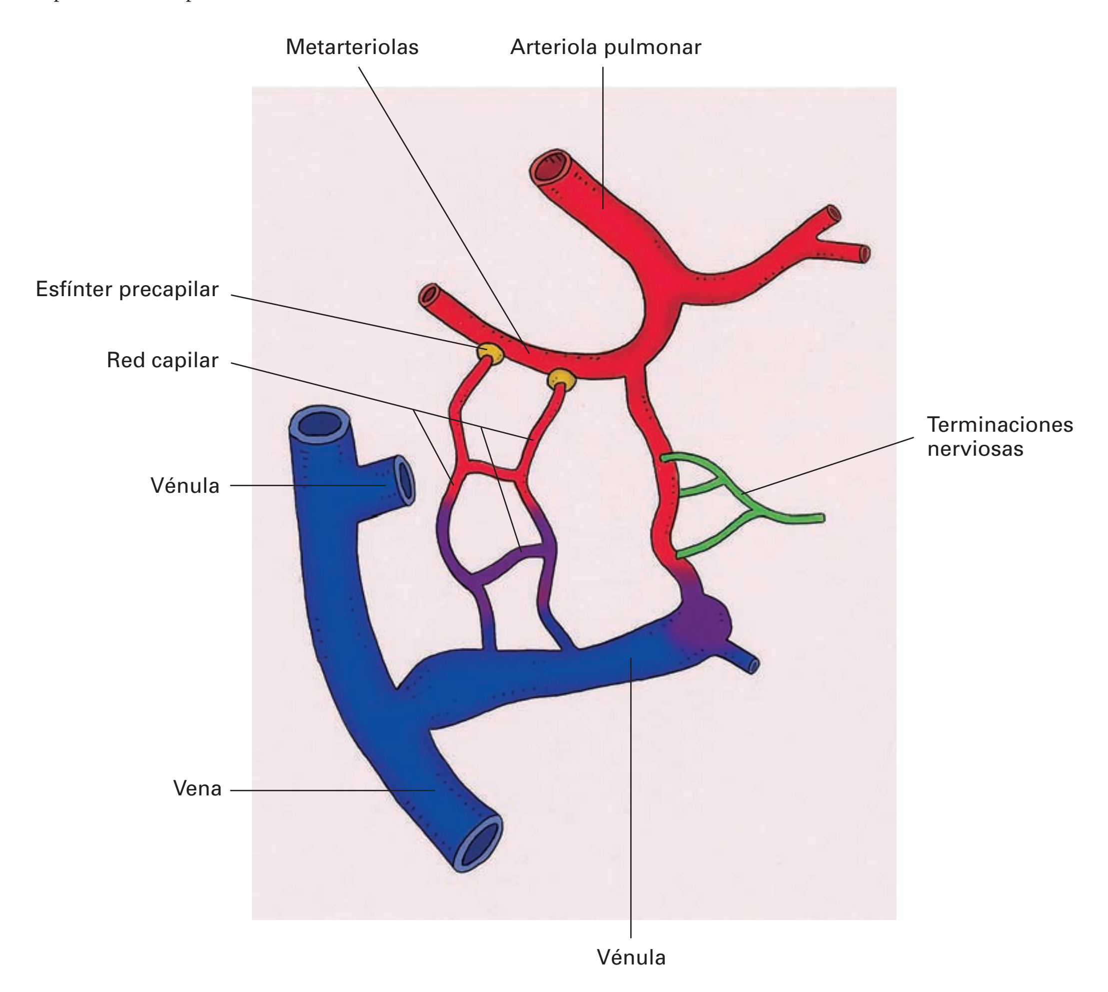


Figura 15-2. Representación esquemática de la microcirculación sanguínea.

Las arterias musculares y las arteriolas pueden contraerse (vasoconstricción) o dilatarse (vasodilatación) y de este modo regular el volumen de sangre que llega a los órganos y tejidos.

Aunque el diámetro de las arterias va disminuyendo progresivamente a medida que se ramifican, la suma de las áreas de sección de las ramas de bifurcación es mayor que el área de sección de la arteria originaria (aorta: 2.5 cm^2; arterias medias: 20 cm^2; arteriolas: 40 cm^2; capilares: 3000 cm^2). De este modo, podemos comparar todo el sistema arterial sistémico con un cono cuyo vértice está en el ventrículo izquierdo y la base en la superficie de las arteriolas de los tejidos. La consecuencia de este hecho es doble: a) la capacidad del sistema arterial aumenta a medida que nos alejamos del corazón y la presión arterial disminuye (100 mm Hg en la aorta y 80 mm Hg en las arteriolas); b) la velocidad de la sangre va disminuyendo de forma inversamente proporcional a su área transversal; cuando la sangre llega a los capilares, la velocidad es muy lenta, lo que facilita el intercambio con las células.

Disposición general

Las arterias se sitúan, generalmente, en una posición profunda, protegidas por las partes blandas y las masas musculares. Esto dificulta que el vaso se exponga a los traumatismos. Algunas arterias son superficiales en alguna parte de su trayecto, por ejemplo, en la cabeza o en las extremidades.

Dirección

Suelen llevar un trayecto paralelo al eje mayor de la región que atraviesan. Generalmente son rectilíneas y siguen el camino más corto. En los órganos con capacidad de distensión (p. ej., el corazón o el útero), las arterias son flexuosas; de este modo tienen una «reserva de elongación» que adapta el vaso a la motilidad del órgano, evitando el traumatismo.

Arterias terminales y anastomóticas

La distinción entre arterias terminales y anastomóticas (Fig. 15-3) tiene gran importancia en Medicina.

Las **arterias terminales** son aquéllas cuyas ramas penetran en un órgano sin unirse con ramas de ninguna arteria vecina; su territorio no puede ser irrigado por ninguna otra arteria próxima. Las arterias hepáticas y renales son ejemplos de arterias terminales.

Cuando un vaso terminal se ocluye, el territorio dependiente queda sin riego sanguíneo (**isquemia**) y sus células mueren (**necrosis**). La muerte de las células de un territorio dado se denomina **infarto**.

Las arterias terminales pueden ser «funcionales». En este caso hay conexiones anastomóticas, pero éstas son insuficientes para posibilitar una irrigación correcta del territorio afectado. Las arterias que irrigan el propio cora-

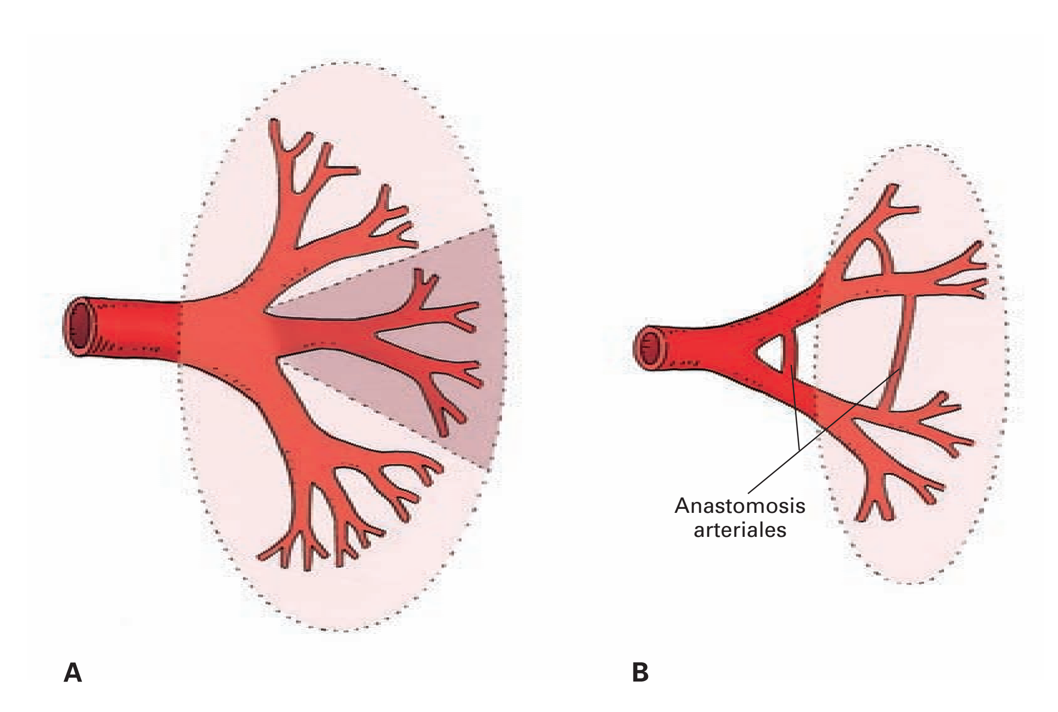


Figura 15-3. (A) Circulación arterial terminal en un órgano. El territorio oscurecido es el dependiente de una arteria terminal. (B) Circulación anastomótica en un órgano.

zón, las coronarias, son un ejemplo de «terminales funcionales». Con todo, la posibilidad de establecer una circulación colateral suficiente por anastomosis depende mucho de la velocidad de la instauración de la obstrucción. Si la oclusión es lenta, se favorece la formación de una circulación colateral en el territorio afectado, contrariamente a lo que sucede cuando la oclusión es súbita.

Las **arterias colaterales** son las que se unen entre sí. Pueden ser de varios tipos, los principales son: a) anastomosis por *inosculación*, cuando se unen dos vasos «boca a boca» por sus extremos (p. ej., las arterias de la mano y de los labios); anastomosis *transversales*, cuando un vaso corto une dos vasos paralelos (p. ej., las arterias antebraquiales y las de la base cerebral); anastomosis *en redes*, cuando los vasos se unen por finos vasos plexiformes (p. ej., redes arteriales periarticulares).

Vías colaterales

Cuando las anastomosis entre ramas arteriales forman una vía paralela a la corriente principal se establece una circulación colateral. Tiene gran interés, ya que la interrupción de la corriente sanguínea principal (por oclusión o por una ligadura que efectúa el cirujano en el transcurso de una intervención quirúrgica para evitar la hemorragia) permite abastecer por esta vía colateral al territorio dependiente.

Estas vías colaterales son, por ejemplo, importantes en la extremidad inferior. La obstrucción de un gran vaso puede evitar la **gangrena** (necrosis de las extremidades) si hay una buena circulación colateral. Asimismo, el cirujano antes de ligar una arteria para que no sangre, debe elegir el lugar de manera que se asegure la irrigación sanguínea a través de las colaterales.

Estructura general

La pared de las arterias sigue un patrón general de organización, si bien tanto el espesor como la distribución de algunos de sus componentes varía notablemente dependiendo del tipo de arteria y sus misiones en la circulación.

La pared consta de tres capas: **íntima, media y externa o adventicia**. Cada capa está adaptada a las distintas funciones del vaso (Fig. 15-4).

La **capa íntima** está formada por un estrato de **células endoteliales** que tapiza la luz del vaso. El endotelio tiene un fino revestimiento externo de tejido conectivo denominado **subendotelio**.

El subendotelio está constituido por una matriz de tejido conectivo compuesta por abundante colágeno y otros materiales extracelulares como elastina, fibronectina, glicosaminoglicanos, vibronectina, trompoespondina y factor de von Willebrand.

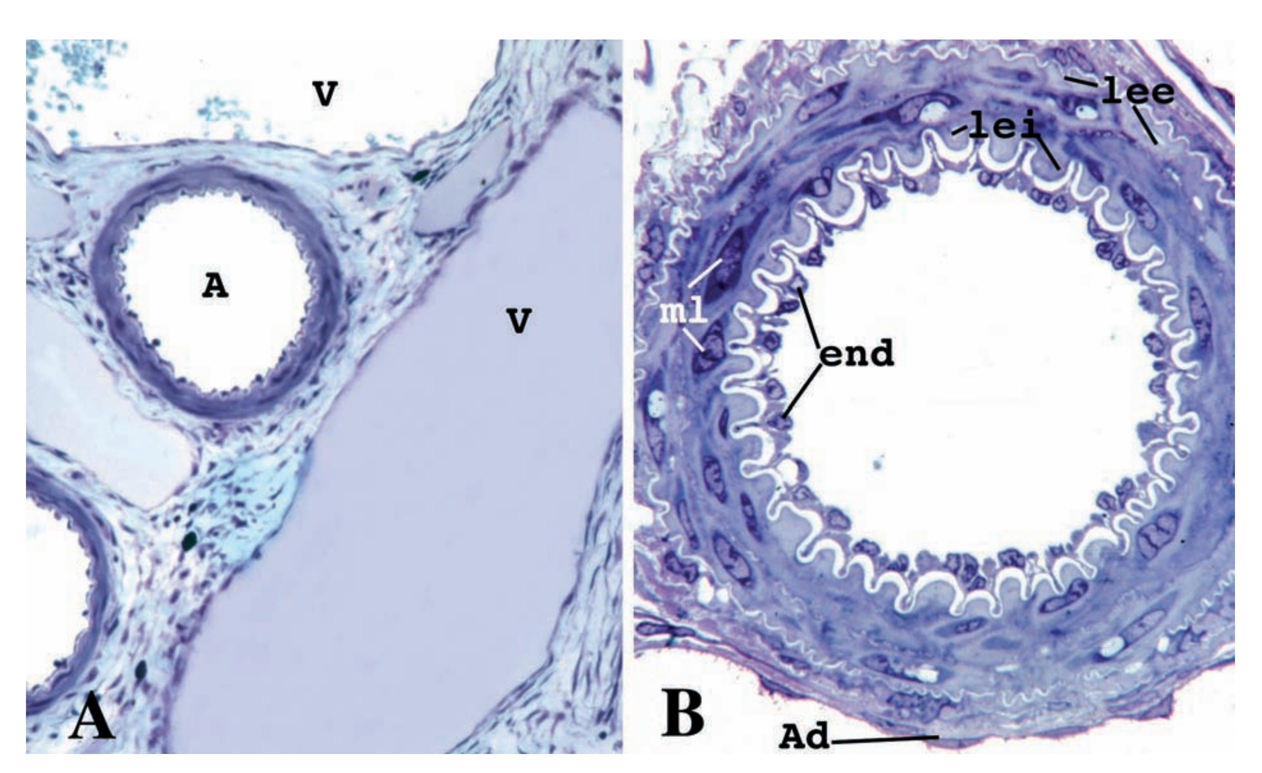


Figura 15-4. (A) Microfotografía de un paquete vascular en el interior de un órgano. (B) Arteria muscular de pequeño calibre. Cortes semifinos. (V) vénula; (A) arteriola; (Ad) adventicia; (ml) músculo liso; (end) endotelio; (lee) lámina elástica externa; (lei) lámina elástica interna.

El revestimiento endotelial ha adquirido en los últimos años gran importancia. El conjunto de todos los endotelios vasculares (capilares y venosos incluidos) es el 1 % de la masa corporal, con un área aproximada de 5000 m^2. Puede decirse que es casi un órgano.

El endotelio desempeña distintas funciones: controla el tono vasomotor, regula las estructuras de la pared vascular, impide la adherencia y espesamiento de la sangre, y es también mediador de la respuesta inflamatoria e inmunitaria.

El endotelio media la respuesta vasomotora a través de sustancias que segrega y actúan sobre receptores de las fibras musculares lisas de la capa media. Las prostaglandinas y el óxido nítrico provocan vasodilatación. Las endotelinas y angiotensinas I y II son vasoconstrictoras. Desde hace bastante tiempo se sabía que la nitroglicerina ejerce un intenso efecto vasodilatador, y por ello se emplea como tratamiento en las crisis de vasoconstricción coronaria (angina de pecho); pues bien, este efecto se debe a que la nitroglicerina aumenta la liberación endotelial del óxido nítrico.

El endotelio controla la anatomía del vaso contribuyendo a mantener un equilibrio de moléculas en la matriz extracelular subendotelial. Segrega moléculas que se acumulan en el subendotelio al tiempo que produce enzimas que destruyen estas sustancias.

El endotelio segrega sustancias, como el óxido nítrico y las prostaciclinas, que son tromborresistentes; de este modo evita la adherencia a la pared de las células sanguíneas y la formación de trombos.

El endotelio de las vénulas (véase más adelante) segrega moléculas de adherencia (adresina) que controlan la migración de los leucocitos a los tejidos, lo que sucede, por ejemplo, en caso de una inflamación.

Estas funciones del endotelio parecen estar integradas con el flujo sanguíneo. En efecto, las células endoteliales se comportan como mecanosensores capaces de transformar las fuerzas físicas de la corriente sanguínea en señales químicas que provocan una cascada de activaciones moleculares de la pared de la célula endotelial.

La **capa media** es fibromuscular. Está constituida principalmente por **fibras elásticas y musculares lisas**. También hay otros compuestos de matriz extracelular, **fibroblastos** y **macrófagos**. La cantidad y la organización de las fibras musculares y de las elásticas varía con el tipo de arteria. En las arterias medianas y arteriolas predominan las fibras musculares, las cuales se disponen de forma circular o espiroidea alrededor del vaso. En las arterias grandes predominan las fibras elásticas; éstas se organizan en varios estratos de laminillas dispuestas concéntricamente.

La capa media está separada de la íntima por la **lámina elástica interna** y de la adventicia, por la **lámina elástica externa**. Las láminas elásticas son condensaciones fenestradas de matriz extracelular.

La capa media aporta al vaso potencia motriz, elasticidad e integridad estructural. Contribuye a regular el flujo sanguíneo contrayendo o dilatando la luz vascular por acción de las fibras musculares lisas o a mantener un flujo continuo gracias a la elasticidad de su pared.

La **capa externa** o **adventicia** es una capa relativamente gruesa de tejido conectivo muy rica en colágeno. Contiene los vasos nutricios de la propia arteria (la *vasa vasorum*), linfáticos y fibras nerviosas.

La función de la adventicia es ser una capa portavasos de la propia arteria y servir de nexo con las estructuras circundantes.

Las arterias están envueltas en una fina **vaina vascular** de tejido conectivo que, generalmente, envuelve también elementos acompañantes como venas, linfáticos y nervios formando «paquetes vasculonerviosos». La vaina vascular está unida a la adventicia por tejido conectivo laxo.

Envejecimiento arterial: con la edad se van produciendo cambios en la estructura de la pared arterial que se conocen genéricamente como **arterioesclerosis**. Consiste en una proliferación de tejido conectivo en detrimento de las células musculares lisas y las fibras elásticas. La pared arterial se torna más rígida y menos elástica y eficiente. Este proceso favorece la aparición de enfermedades vasculares.

Las **arteriolas terminales o metarteriolas** (Fig. 15-2) están formadas por endotelio revestido de una o dos capas discontinuas de fibras musculares lisas. Por fuera del endotelio, en un desdoblamiento de la membrana basal, hay **pericitos**; éstos son células fagocitarias y, probablemente, con capacidad contráctil, pues tienen filamentos de actina y miosina. El extremo de las metarteriolas se continúa con los capilares; en este punto de tránsito suele haber una capa de fibra lisa denominada *esfínter precapilar*.

Las enfermedades arteriales pueden afectar a cualquier lugar del árbol circulatorio dando origen a síntomas variables según el órgano dañado. Las arterias pueden dilatarse, estrecharse o inflamarse.

Los **aneurismas** son dilataciones localizadas de una arteria. Muchas veces son asintomáticos y se descubren durante un examen médico de rutina. La complicación más grave es su ruptura, la cual provoca una gran hemorragia interna que puede llevar a la muerte. Los más frecuentes aparecen en la aorta abdominal y en las arterias de la base del cerebro.

Las **estenosis arteriales** son estrechamientos de la luz de las arterias que pueden llegar a ocluirla completamente y dejar sin riego la zona dependiente. La causa más común de estenosis es la **aterosclerosis**, una enfermedad que produce la mayor tasa de mortalidad en los países desarrollados. Consiste en la producción

de placas ateromatosas en la pared del vaso. Inicialmente son depósitos de cristales de colesterol en la capa íntima; luego las placas crecen por proliferación del tejido fibroso y de las fibras musculares, e incluso se calcifican; las placas llegan a hacerse tan grandes que bloquean la luz del vaso. La pared arterial pierde flexibilidad y se hace rígida y endurecida, con lo que aumenta su riesgo de romperse. Además, la placa ateromatosa dificulta la corriente sanguínea y puede formar coágulos (trombos) que ocluyen la luz en el lugar de origen o discurren desprendidos por la corriente sanguínea (émbolos) hasta que taponan la luz de una arteria más estrecha. La embolia es la oclusión de un territorio orgánico por la migración de un émbolo.

Las estenosis por placas son frecuentes en el corazón, donde provocan el infarto de miocardio, o en las arterias de las extremidades inferiores, dando origen a la denominada **enfermedad vascular periférica**. En las extremidades inferiores, la estenosis provoca una falta de riego que se manifiesta por un signo conocido como «claudicación intermitente»; si el proceso avanza, se puede llegar a la destrucción celular (gangrena) El sujeto con claudicación (del latín, *claudatio* = flojera, cojera) siente un dolor muscular que aumenta al andar y disminuye cuando se para (a estos pacientes se les denomina «miradores de escaparates» por ser enfermos que se detienen en la calle disimuladamente para conseguir que cesen las molestias).

Un procedimiento muy utilizado para reparar la lesión estenosante es la **angioplastia transluminal**. Se introduce con un catéter un «balón» plástico en la zona estrechada. El balón se infla y consigue tres efectos: rompe la placa, comprime la pared y ensancha la luz.

CAPILARES

Los capilares[5] son finos tubos endoteliales interpuestos entre las metarteriolas y las vénulas (Fig. 15-2). Cada arteriola terminal se ramifica en varios capilares, los cuales se disponen en redes tisulares denominados lecho capilar. Las redes capilares están en contacto con las células del organismo a través del líquido intersticial; son el lugar donde se produce el intercambio de sustancias entre la sangre y las células. La sangre que llega por las arterias cede oxígeno y nutrientes y capta anhídrido carbónico y productos del metabolismo celular, que son conducidos por las venas. Para permitir el intercambio, la corriente se hace muy lenta y la presión capilar desciende hasta 15 mm Hg.

Estructura

Los capilares carecen de musculatura lisa en su pared. Están formados únicamente por una capa de **células endoteliales** apoyada sobre la membrana basal. El diámetro varía entre 4 y 15 μ. En algunas zonas del capilar hay **pericitos**. Existen tres tipos de capilares: continuos, fenestrados y sinusoides (Fig. 15-5).

Los capilares *continuos* obedecen al modelo descrito. Los extremos de las células endoteliales son más delgados que el resto de la célula y se interconectan por *contactos de oclusión.*

Los capilares *fenestrados* se caracterizan por presentar «poros» en el endotelio, cerrados por láminas muy finas (diafragmas) de material extracelular. Se encuentran en los glomérulos del riñón, las vellosidades intestinales y las glándulas endocrinas.

Los *sinusoides* (del latín, *sinus* = onda o giro) tienen un diámetro irregular, pero más grande que el de los capilares

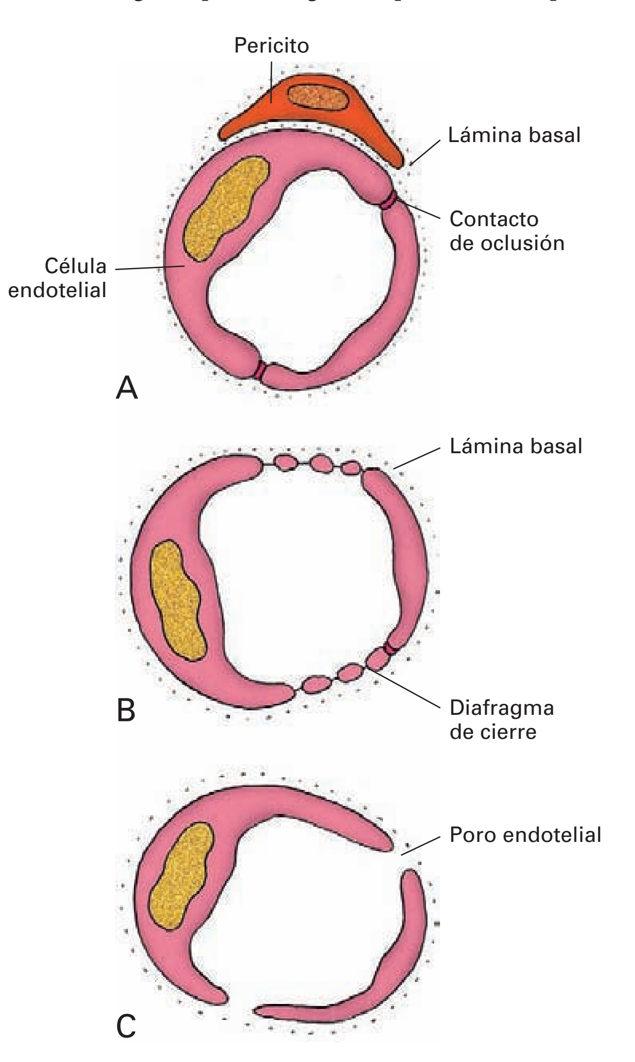


Figura 15-5. Esquema de la estructura capilar. (A) Capilar continuo. (B) Capilar fenestrado. (C) Sinusoide.

[5] Los capilares (del latín, *capillus* = cabello) fueron descubiertos en 1661 por Marcelo Malpighi (1628-1694) en el pulmón de rana. Con los capilares se desvelaba el vínculo misterioso que Harvey había intuido que existía entre las arterias y las venas, cerrando el círculo vascular. Su descubrimiento fue posible gracias a la aplicación del microspio al estudio de los órganos. Con Malpighi comienza la Anatomía microscópica.

normales, y un trayecto sinuoso. En su pared hay, junto a las células endoteliales, **células reticuloendoteliales** del sistema inmunitario. Hay sinusoides en el hígado, el bazo y la médula ósea. Pueden tener fenestraciones como los capilares o claras aberturas entre las células endoteliales. Permiten el paso de leucocitos y macrófagos.

VENAS

Las **venas**[6] son los vasos que llevan la sangre desde las redes capilares del organismo hasta el corazón. En su trayecto aumentan progresivamente de calibre al igual que el grosor de la pared. Constituyen un importante reservorio de sangre, pues contienén más del 60 % del volumen sanguíneo. Se distinguen dos tipos: vénulas y venas propiamente dichas.

Las **vénulas** resultan de la confluencia de las redes capilares (Fig. 15-2). Pueden ser poscapilares y musculares. Las **vénulas poscapilares** tienen la pared formada por endotelio rodeado de pericitos y una fina capa conectiva. Son un lugar de intercambio entre la sangre y los tejidos, sobre todo de proteínas. Constituyen el principal lugar de migración de los leucocitos hacia los tejidos, lo que sucede durante los procesos inflamatorios como mecanismo de defensa frente al agente extraño. Las **vénulas musculares** se caracterizan por tener algunas fibras musculares lisas en su pared.

Las **venas** pueden ser de **pequeño calibre**, las que siguen a continuación de las vénulas; de **mediano calibre** (por ejemplo, las venas de las extremidades); y de **gran calibre** (por ejemplo, las venas cavas y sus troncos de origen).

Disposición: por regla general, las venas siguen el trayecto de las arterias, a excepción de las venas subcutáneas. En muchos lugares cada arteria se acompaña de dos venas satélites, con excepción de las venas grandes.

Las venas se *anastomosan* profusamente entre ellas formando *redes venosas* en la superficie corporal o *plexos venosos* en la proximidad de las arterias.

Estructura

La pared de las venas es más delgada y flexible que la de las arterias, pues tiene menos fibras musculares lisas y fibras elásticas; de este modo se adaptan a la menor presión que hay en el interior del árbol venoso.

La organización de la pared es semejante a la de las arterias. Está compuesta de tres capas: íntima, media y externa o adventicia.

La **capa íntima** consta de endotelio y tejido conectivo subendotelial.

[6] Vena, del latín *vehere* = conducir.

La **capa media** está mucho menos desarrollada que la de las arterias, siendo ésta una de sus características más diferenciales.

La **capa adventicia** está constituida por tejido conectivo con fibras colágenas en disposición preferentemente longitudinal.

A medida que las venas aumentan de grosor, la adventicia es también más gruesa y contiene mayor cantidad de fibras musculares lisas de disposición longitudinal.

En la pared de las venas hay fibras nerviosas y en las grandes venas existen vasos nutricios (*vasa vasorum*).

Válvulas venosas

La luz de la mayoría de las venas está provista de válvulas[7] que ayudan a la progresión de la sangre hacia el corazón e impiden el reflujo hacia la periferia (Fig. 15-6).

Las válvulas son abundantes en las venas de las extremidades, especialmente en la inferior. No existen en las grandes venas, ni en las de la cabeza y el conducto raquídeo.

Consisten en pliegues de la íntima venosa. Generalmente se disponen en pares enfrentados. Tienen forma de «nido de golondrina» con un borde adherente a la íntima del vaso, un borde libre en la luz, una superficie convexa

[7] Las válvulas venosas fueron descubiertas en 1545 por el anatomista francés Charles Estienne (1505-1564).

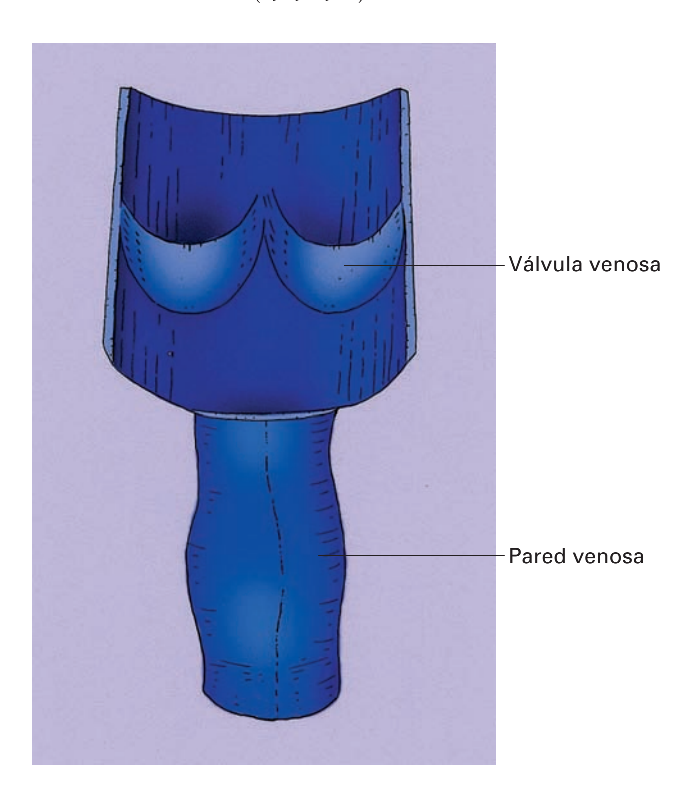


Figura 15-6. Pared de una vena parcialmente abierta para mostrar las válvulas venosas.

axial y una parietal cóncava. Por delante de las válvulas, en el sentido del flujo sanguíneo, la pared venosa está discretamente dilatada.

Las válvulas actúan pasivamente. Bajo la acción de la corriente sanguínea se aplican contra las paredes, luego se despliegan hacia la luz juntando sus bordes libres e impiden el retorno de sangre. De este modo, la sangre sólo puede fluir hacia el corazón.

Las **varices** son dilataciones tortuosas de las venas provocadas por un debilitamiento de la pared que determina una incompetencia de las válvulas para ocluir correctamente la luz del vaso. De este modo, las válvulas no pueden impedir el reflujo de sangre y se origina una mayor dilatación de la pared venosa al tiempo que una dificultad del retorno venoso. Se pueden formar en cualquier vena, pero las más frecuentes se generan en las venas de las extremidades inferiores (véase Venas safenas); las varices esofágicas pueden provocar graves hemorragias internas y vómitos de sangre.

En las venas también pueden formarse trombos. A este trastorno se le denomina **tromboflebitis**, pues se acompaña de inflamación de la pared venosa en el lugar del trombo. Junto a la dificultad circulatoria, aparecen, cuando ocurre en las venas superficiales, dolor local, enrojecimiento, calor y dilatación en forma de cordón de la zona afectada. El uso de catéteres intravenosos y los trastornos de la coagulación son las causas más frecuentes.

Factores que influyen en el retorno venoso

La sangre retorna al corazón impulsada por la diferencia de presión sanguínea. La presión en las vénulas es de 12 mm Hg, en las grandes venas alcanza 8 mm Hg y en la aurícula derecha es prácticamente de 0 mm Hg.

Junto con este factor determinante existen otros: la respiración, el tono vasomotor de la pared venosa, las válvulas, la «bomba muscular» y el «acoplamiento arteriovenoso» (Fig. 15-7).

La respiración influye en el retorno de sangre. Durante la inspiración, el descenso de la presión intratorácica expande las venas del tórax y disminuye la presión en las venas más centrales.

La pared de las venas está inervada por el sistema nervioso simpático, que regula la contracción de las fibras musculares lisas de la pared. La fibra lisa mantiene cierta actividad tónica (tono vasomotor). En situación de ejercicio, en que se incrementa la actividad cardíaca, el simpático estimula la contracción de la fibra lisa aumentando el tono vasomotor, con lo que se reduce el diámetro de las venas y se moviliza sangre para atender las necesidades corporales.

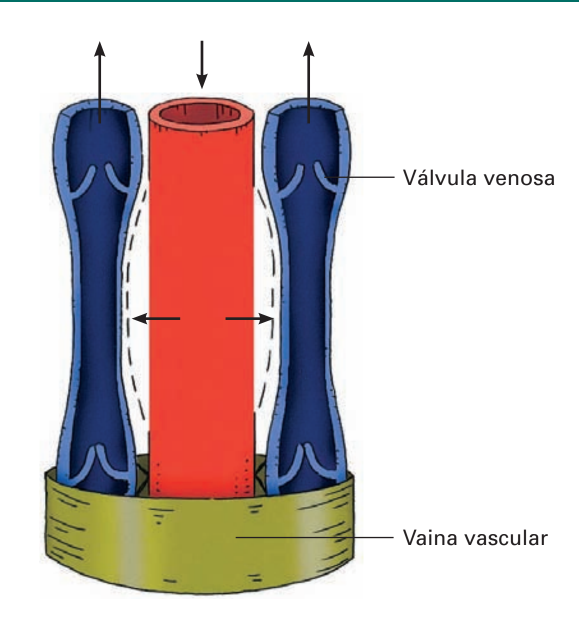


Figura 15-7. Representación esquemática de un dispositivo de «acoplamiento arteriovenoso».

La «bomba muscular» es la presión que ejercen los músculos esqueléticos, al contraerse, sobre las venas. Esta acción es más intensa sobre las venas profundas. La bomba muscular, junto con las válvulas, constituye un factor muy importante en el retorno antigravitatorio de sangre, especialmente de las extremidades inferiores. En una persona de pie y quieta, la presión en las venas del pie llega a aumentar a 90 mm Hg porque la bomba no trabaja. Los pies se hinchan (edema) porque se remansa sangre en el lecho capilar y se extravasa líquido intersticial. Basta con movilizar las piernas o elevarlas para que descienda de nuevo la presión.

El «acoplamiento arteriovenoso» es un mecanismo que se debe tener en cuenta. En muchos lugares, las venas pequeñas y medianas son dobles y acompañan a las arterias, a las que están unidas por una vaina vascular. La onda pulsátil de la arteria puede contribuir a estrechar la luz de las venas satélites y movilizar la sangre.

MICROCIRCULACIÓN

El segmento circulatorio comprendido entre las arteriolas y las vénulas se denomina **microcirculación** porque sólo es visible con el microscopio. Este sector se encuentra en la intimidad de los tejidos y tiene algunas características especiales (Fig. 15-2).

En primer lugar, en los capilares la sangre no fluye continuamente, sino de forma intermitente; ello obedece a la «vasomotilidad», que es la contracción intermitente de las metarteriolas y de los esfínteres precapilares.

En segundo lugar, algunos capilares son más anchos y constituyen «canales preferenciales» por donde fluye sangre. El resto, los capilares verdaderos, se llenan de sangre según las necesidades de las células, mediante la apertura o

el cierre de las metarteriolas y los esfínteres precapilares. La microcirculación puede regularse no solamente por factores extrínsecos, sino también por factores locales (véase más adelante); cada tejido es capaz de regular su corriente sanguínea según sus necesidades metabólicas.

En tercer lugar, en algunos órganos existen anastomosis arteriovenosas.

Anastomosis arteriovenosas

Las anastomosis arteriovenosas (Fig. 15-2) son cortocircuitos que unen directamente las arteriolas con las vénulas; mediante estas uniones la corriente sanguínea puede evitar el paso por el lecho capilar. Se encuentran predominantemente en la piel (preferentemente en los pies, las manos, los labios, la nariz y la oreja), la mucosa intestinal, la lengua, el corazón y los tejidos eréctiles de los órganos sexuales.

La pared de la anastomosis está formada por una capa íntima rodeada de fibras musculares lisas muy abundantes y ricamente inervadas por el sistema simpático. Es la acción del sistema nervioso la que produce la vasoconstricción de estos cortocircuitos. Si la anastomosis está cerrada, la sangre fluye normalmente por el lecho capilar, y si está abierta, la sangre fluye hacia las vénulas dejando de lado los capilares. Constituyen un importante sistema de regulación de la irrigación sanguínea en los tejidos. En la piel regulan la termorregulación.

Vasa vasorum

La «vasa vasorum» son los vasos nutricios de la pared del propio vaso sanguíneo. Se encuentran en la pared de las arterias y de las venas de mediano y gran calibre. Son pequeños vasos que nacen del propio vaso que se ha de nutrir (arteria o vena) o de una arteria vecina. Se disponen en la adventicia y se ramifican en una fina red capilar que se reúne en vénulas, las cuales drenan finalmente en las venas vecinas en el caso de las arterias o en las propias venas en el caso de éstas.

En las arterias, la red capilar irriga la adventicia y parte de la capa media; el resto de la pared se nutre por difusión sanguínea a partir de la luz. En las venas, la red capilar penetra hasta la íntima.

En la adventicia hay también vasos linfáticos.

Inervación

Las *arterias* están inervadas por fibras eferentes y aferentes.

Las **fibras eferentes** son fibras amielínicas **simpáticas posganglionares** destinadas a la musculatura lisa; su excitación provoca **vasoconstricción**. Este efecto vasomotor es producido por la liberación del neurotransmisor *noradrenalina*, que actúa sobre receptores α de la célula muscular. Las fibras simpáticas proceden de los ganglios simpáticos y alcanzan las arterias, formando *plexos periarteriales* (por ejemplo, las arterias abdominales) o bien por finos *nervios vasculares* que se desprenden de los troncos nerviosos (por ejemplo, las arterias de las extremidades). Las fibras forman una fina red en la adventicia y dan colaterales que atravesando los poros de la lámina elástica externa llegan a las células musculares.

Normalmente, el simpático mantiene un «tono vascular». La vasoconstricción es un importante mecanismo de regulación del flujo sanguíneo a los tejidos. La vasodilatación se produce por disminución del tono vascular.

> La vasoconstricción es una respuesta fisiológica al frío para conservar la temperatura corporal. En algunas circunstancias (**enfermedad de Raynaud**), la respuesta está incrementada y se produce una falta de riego transitorio que se caracteriza por palidez y cianosis de los dedos de la extremidad superior.

Las arterias del músculo esquelético reciben también **fibras simpáticas vasodilatadoras**, las cuales actúan estimulando receptores $\beta 2$ adrenérgicos de la célula muscular lisa. Este efecto es importante durante el ejercicio muscular, en el que una vasodilatación inicial permite el flujo abundante de sangre.

Son excepción a la inervación simpática las arterias del pene, del clítoris y las de algunas glándulas exocrinas como las salivales y el páncreas. Estos vasos reciben **fibras parasimpáticas posganglionares** que segregan *acetilcolina* y originan **vasodilatación**. La acetilcolina actúa sobre receptores muscarínicos de la fibra lisa. En el caso del pene y del clítoris, el efecto de la acetilcolina está mediado por el óxido nítrico; la acetilcolina induce la liberación de óxido nítrico por el endotelio, que provoca la relajación de la fibra lisa.

Las **fibras aferentes** están mielinizadas y viajan con el simpático en dirección al sistema nervioso central. Posiblemente lleven información sobre el estado de tensión mecánica de la pared vascular; se ha sugerido, además, que pueden conducir sensaciones de dolor en casos de traumatismos o heridas.

Las *venas* también tienen fibras eferentes y aferentes, pero en un grado mucho menor. La contracción de las venas disminuye su reserva de sangre, por lo que constituye un mecanismo de ajuste del volumen de sangre en algunas circunstancias.

Los *capilares* y las *vénulas poscapilares* no están inervados, pues carecen de fibra lisa.

Regulación del flujo sanguíneo

La cantidad de sangre que llega a las células está regulada por factores extrínsecos e intrínsecos o locales, los cuales controlan el diámetro de los vasos provocando vasoconstricción o vasodilatación. La mayoría de las arterias (excepto la

aorta) y las venas están bajo control extrínseco. La microcirculación está regulada por factores extrínsecos y locales.

Los *factores extrínsecos* son nerviosos y hormonales.

El sistema nervioso vegetativo regula el calibre de los vasos (véase Inervación). Algunas hormonas como la noradrenalina y la vasopresina son vasoconstrictoras; otras como el PNA tiene efecto vasodilatador. El PNA (péptido natriurético auricular) es segregado por los miocitos auriculares.

Los *factores locales* pueden ser productos del metabolismo celular, hormonas locales, sustancias producidas por el endotelio y el flujo de oxígeno.

Algunos productos derivados del metabolismo celular, como el dióxido de carbono, el ácido láctico y los iones de K, son vasodilatadores y favorecen el incremento de flujo al tejido (hiperemia funcional). La hipoxia local provoca relajación de la fibra lisa. Hormonas locales como la histamina, la serotonina y las prostaglandinas son liberadas durante los procesos inflamatorios y causan vasodilatación.

Las células endoteliales producen un importante vasodilatador, el óxido nítrico, y una sustancia vasoconstrictora, la endotelina. Parece ser que el óxido nítrico ejerce una influencia tónica vasodilatadora continua. La endotelina es liberada cuando hay una lesión del endotelio, evitando así el sangrado excesivo.

CORAZÓN

El **corazón** es un órgano constituido por dos bombas impulsoras de sangre: el corazón derecho, que bombea sangre a los pulmones, y el corazón izquierdo, que lo hace a los demás órganos del cuerpo (Fig. 15-8). Cada una de estas dos mitades está formada a su vez por una cavidad receptora de sangre, la **aurícula** o **atrio**, y otra eyectora de sangre, el **ventrículo**. El corazón consta, pues, de cuatro cavidades: las **aurículas derecha e izquierda** y los **ventrículos derecho e izquierdo**. Cada aurícula comunica con su ventrículo correspondiente a través del **orificio auriculoventricular**, y las cavidades derechas e izquierdas se hallan separadas, tanto a nivel auricular como ventricular, por el correspondiente tabique cardíaco. La aurícula derecha recibe sangre venosa del organismo y la moviliza hacia el ventrículo derecho, de donde es bombeada al pulmón para oxigenarse a través de la arteria pulmonar. La aurícula izquierda recibe sangre oxigenada de los pulmones y la moviliza hacia el ventrículo izquierdo, para ser finalmente impulsada hacia la circulación general a través de la aorta. La circulación de sangre es regulada mediante un dispositivo valvular dispuesto a nivel de los orificios auriculoventriculares y en las salidas de las arterias pulmonar y aorta.

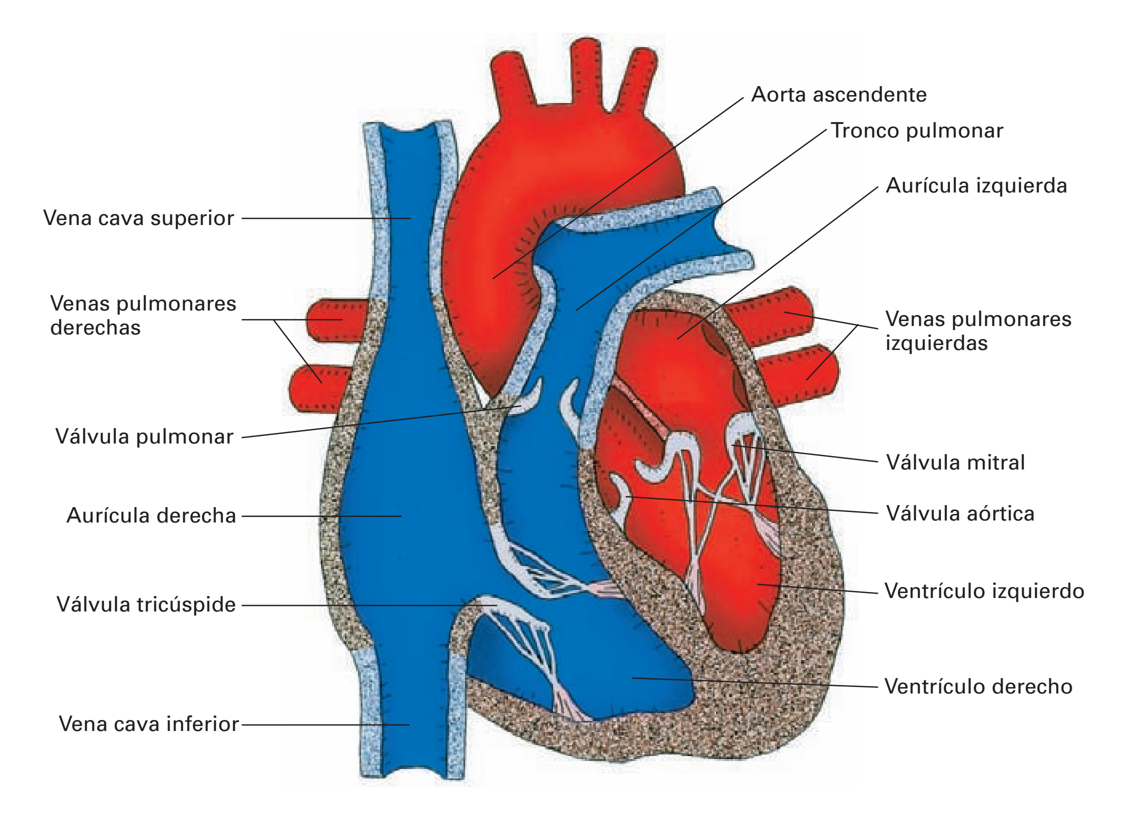


Figura 15-8. Sección frontal esquemática del corazón para mostrar las cavidades cardíacas. En azul se han representado las cavidades derechas y los vasos que conducen sangre venosa. En rojo, las cavidades izquierdas y los vasos que llevan sangre oxigenada.

Además de su papel fundamental en la circulación de la sangre, el corazón contribuye a la regulación de la homeostasis mediante sustancias de naturaleza hormonal producidas por las paredes de las aurículas (*atriopeptinas*).

> El corazón ha sido, hasta tiempos muy recientes, un órgano de muy difícil acceso a la manipulación quirúrgica; su gran motilidad, así como el continuo paso de sangre por las cavidades cardíacas constituían un escollo insalvable para los cirujanos[8]. El desarrollo de la **circulación extracorpórea** cambió radicalmente esta situación[9]. Básicamente, consiste en una máquina con una bomba impulsora y un oxigenador que permite derivar la sangre, evitando su paso por el sistema cardiopulmonar y dejando el corazón exangüe. La sangre que llega a la aurícula derecha es drenada por una cánula hacia la máquina, la cual está a su vez conectada con la aorta ascendente mediante otra cánula de retorno. Gracias a este procedimiento, en la actualidad el corazón puede ser trasplantado de un individuo a otro[10], las cavidades cardíacas se han hecho accesibles a la mano del cirujano y las válvulas que hay en su interior pueden ser reemplazadas por prótesis de precisas características anatómicas y fisiológicas. Estos avances, junto a otros muchos, en la medicina y la cirugía cardíaca han realzado la importancia y el interés por el conocimiento de la anatomía del corazón.

Evolución

La historia filogenética del corazón de los vertebrados terrestres debe entenderse como un conjunto de modificaciones sucesivas derivadas del abandono del medio acuático, la aparición de la respiración pulmonar y las demandas metabólicas condicionadas por nuevos hábitos de vida.

En algunos invertebrados aparecen zonas especializadas del árbol vascular con capacidad contráctil para propulsar la sangre, pero es en los animales **Cordados**, como *Amphioxus*, donde aparece por primera vez un corazón tubular contráctil situado en posición ventral.

El corazón de los **vertebrados primitivos** era, probablemente, muy similar al de los peces actuales. Es un tubo vascular modificado constituido por cuatro compartimientos alineados en serie. En sentido caudocefálico se encuentra: el *seno venoso*, que es un saco de paredes delgadas receptor de las grandes venas; la *aurícula primitiva*, una antecámara de paredes delgadas y pulsátiles que recibe la sangre del seno venoso; el *ventrículo primitivo*, de paredes gruesas y contráctil, que recibe sangre de la aurícula y la moviliza hacia el *cono arterioso*, porción gruesa y estrecha que se abre a la aorta ventral. Entre las cámaras primitivas hay dispositivos valvulares rudimentarios.

En los **peces** actuales (como el tiburón), esta disposición del hipotético corazón primitivo se conserva con la salvedad de una ligera modificación espacial: las cámaras anteriores se pliegan ventralmente y algo hacia la derecha. El resultado es que la aurícula y el seno venoso se disponen dorsalmente al ventrículo, adoptando el corazón una forma de asa. La posición definitiva de las cámaras cardíacas comienza a establecerse.

En los **peces pulmonados** y en los **anfibios**, como consecuencia de la respiración pulmonar, el corazón recibe dos tipos de sangre, la venosa del organismo y la oxigenada de los pulmones. Se esboza en estas especies una solución adaptativa para separar ambas corrientes sanguíneas: el corazón tricameral. La solución es doble. Por una parte, aparece un tabique que subdivide al atrio primitivo en dos cámaras, derecha e izquierda; por otro lado, la cámara derecha permanece comunicando con el seno venoso, pero la cámara izquierda recibe ahora directamente la sangre que viene de los pulmones por el tronco venoso pulmonar. Las variaciones son grandes, pues en algunos anfibios la división es incompleta y, por contra, en algunos peces pulmonados, el tabique es completo, incluso se esboza un tabique interventricular.

Aunque los anfibios no han solucionado el problema de la mezcla de sangre, pues ésta llega a un ventrículo único, esto no supone un grave problema ya que en estas especies la respiración importante se hace por la piel, de modo que la sangre que retorna al corazón es, en parte, oxigenada. Serán los cambios en la permeabilidad de la piel lo que determinará la tabicación ventricular.

El corazón de los **reptiles** (con excepción del cocodrilo, que tiene cuatro cámaras) tiene dos atrios y un tabique interventricular incompleto, por lo que todavía hay mezcla de sangre. La comunicación interventricular se hace junto a las zonas de entrada y salida de los ventrículos.

La solución definitiva, el corazón tetracameral, aparece en los **mamíferos,** en los cuales la tabicación ventricular será completa.

SITUACIÓN

El corazón está situado en la parte anterior e inferior del tórax, ocupando el espacio denominado **mediastino medio**. Envuelto en el saco pericárdico, se dispone entre los pulmones; por encima del diafragma, que lo separa de las vísceras abdominales supramesocólicas; detrás del peto esternocostal, constituido por el cuerpo esternal y los cartílagos costales vecinos; y delante de los órganos del mediastino posterior (Figs. 15-9 y 15-35). No se sitúa en la línea media del tórax, sino desviado hacia la izquierda, de manera que aproximadamente dos tercios de su superficie quedan en la mitad izquierda y un tercio en la mitad derecha del tórax.

[8] Ludwing Rehn fue el primero, en 1896, en suturar una herida cardíaca por arma blanca. En la década de 1920 se realizaron las primeras intervenciones sobre las válvulas cardíacas mediante procedimientos muy rudimentarios. En 1925, Henry Souttar dilató con el dedo una válvula mitral estenosada.

[9] John Gibbon, en 1953, fue el primero en reparar con circulación extracorpórea una comunicación interauricular.

[10] En 1967 el cirujano sudafricano Christian Barnard (1922-2001) realizó el primer trasplante de corazón humano, abriendo con ello una nueva era de la Medicina.

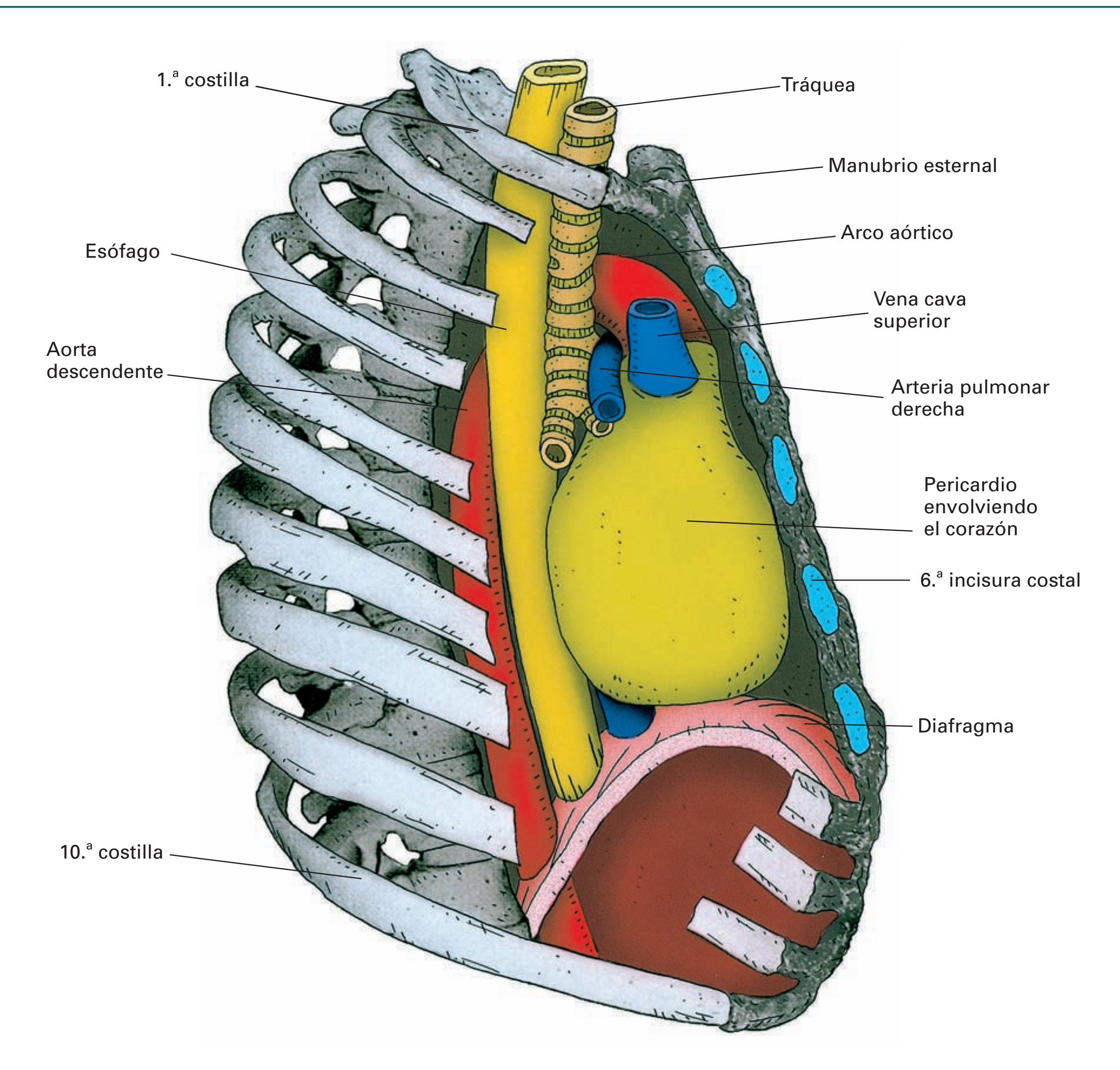


Figura 15-9. Visión lateral derecha muy esquemática de los espacios mediastínicos tras seccionar los arcos costales y extirpar el pulmón derecho.

> Para acceder al corazón, el cirujano realiza una **esternotomía**; de esta forma puede tratar todo tipo de patología cardíaca y tener un gran control sobre el órgano. Recientemente, se han empezado a realizar técnicas de cirugía «mínimamente invasiva», como la **esternotomía parcial** o la resección del apéndice xifoides.

Proyección del corazón

El corazón se proyecta dorsalmente sobre la vértebras torácicas T5 a T8, y ventralmente sobre una zona de la pared torácica anterior denominada *área cardíaca* (Fig. 15-10). La silueta del área cardíaca puede esquematizarse como un cuadrilátero delimitado por cuatro bordes que se obtienen uniendo cuatro puntos angulares de la pared torácica: un punto *a*, localizado en el borde superior del tercer cartílago costal derecho un poco por fuera del borde esternal; un punto *b*, a nivel del segundo espacio intercostal izquierdo y a un través de dedo del borde esternal; un punto *c*, en la unión del sexto cartílago costal derecho con el esternón; y un punto *d*, en el quinto espacio intercostal izquierdo, alejado del esternón unos cuatro traveses de dedo de la línea media y un poco por dentro de la línea medioclavicular. El *borde superior* une los puntos *ab*, es rectilíneo y corresponde a la parte alta de la base auricular. El *borde derecho* une los puntos *ac*, es ligeramente cóncavo hacia el esternón y corresponde a la aurícula derecha. El *borde inferior* une los puntos *cd*, es rectilíneo, pasa por detrás de la articulación xifoesternal cuando el sujeto está en decúbito supino y corresponde al ventrículo derecho. El *borde izquierdo* se tiende

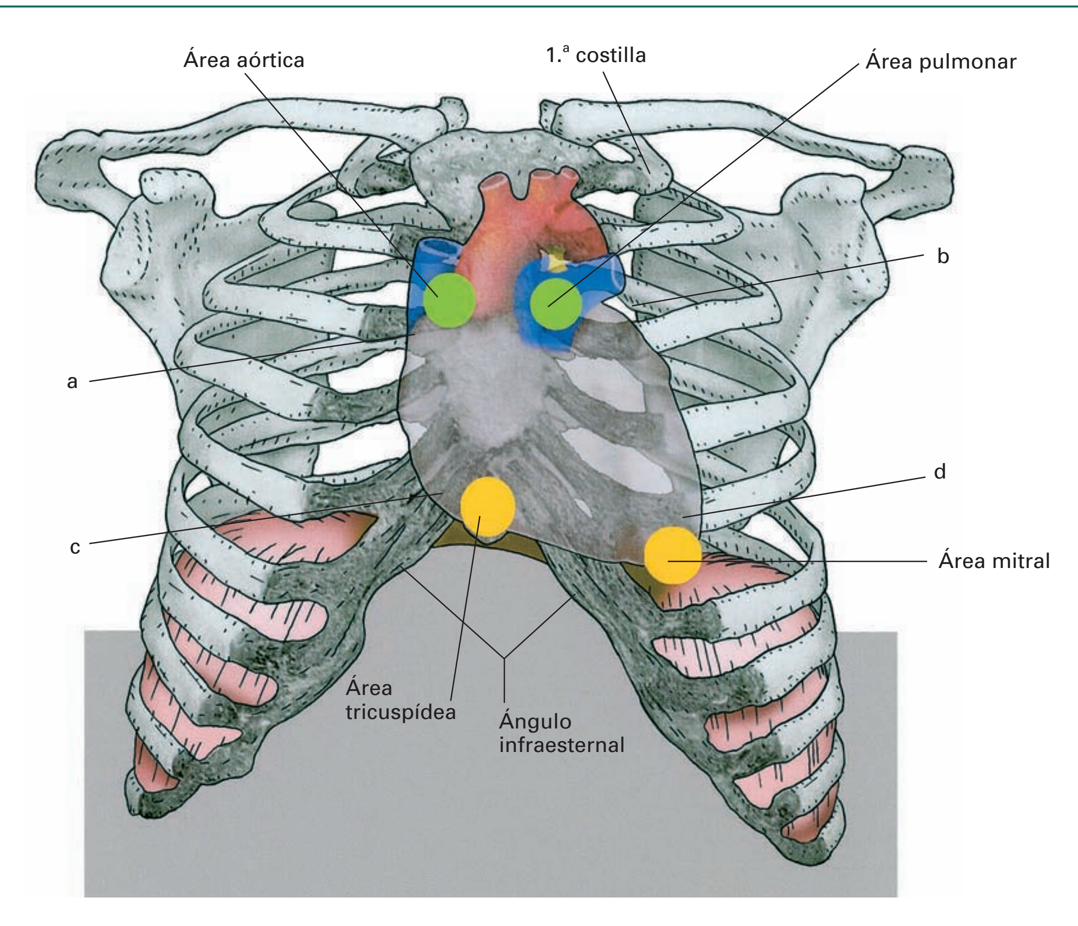


Figura 15-10. Proyección del corazón y de las áreas de auscultación de las válvulas cardíacas sobre la superficie torácica; (a), (b), (c) y (d) son los puntos que delimitan la silueta cardíaca.

oblicuamente uniendo los puntos *bd*, ligeramente arqueado, corresponde principalmente al ventrículo izquierdo y algo de la orejuela izquierda. El punto *d* corresponde a la punta del corazón, y en ese lugar puede percibirse o palparse con las yemas de los dedos el latido cardíaco (choque de la punta). La referencia de palpar la punta un poco por dentro y por debajo del pezón mamario puede no ser válida si la mama es voluminosa o tiene una morfología alterada.

La proyección del corazón tiene un rango elevado de **variabilidad**, que depende de factores constitucionales del individuo, así como de estados funcionales diversos. En sujetos de constitución asténica y en adolescentes, el corazón tiende a ser más vertical; por el contrario, en sujetos pícnicos, debido a la posición más elevada del diafragma y al ensanchamiento del tórax, el corazón es más horizontal. En la posición erecta, el corazón es algo más bajo que en decúbito supino. Los movimientos del diafragma durante la respiración hacen que en inspiración el corazón adopte una posición más vertical y descendida que en espiración. En todos aquellos casos que determinan la elevación del diafragma (embarazo avanzado, repleción gástrica o intestinal), el corazón tiende a la horizontalidad. Como en el corazón adulto, en condiciones normales, el número de células miocárdicas no se incrementa, en caso de que el órgano sea sometido a una sobrecarga, las fibras aumentan de tamaño (**hipertrofia**). En algunos deportistas, en particular en los corredores de fondo o ciclistas, el corazón se hipertrofia en conjunto para atender a las mayores necesidades de oxígeno del organismo. En algunas enfermedades cardíacas producidas, por ejemplo, por defectos valvulares, el corazón altera su silueta hipertrofiándose, al tener que realizar un mayor trabajo miocárdico que compense el déficit. Los defectos de la válvula aórtica pueden generar una dilatación, en ocasiones muy grave, de las cavidades izquierdas, constituyendo el llamado «corazón bovino»; los defectos de la válvula pulmonar producen una hipertrofia del ventrículo derecho.

No obstante, en los últimos tiempos, es cada vez más evidente la existencia de células madre miocárdicas que reemplazan lentamente, a lo largo de la vida, las células musculares cardíacas. Estas células parecen proceder de la médula ósea y están siendo utilizadas para reparar zonas de miocardio destruido en corazones que han sufrido lesiones isquémicas.

La proyección del corazón entre dos estructuras rígidas como el esternón y la columna vertebral justifica la maniobra del **masaje cardíaco,** una de las medidas fundamentales de reanimación que pueden realizarse

en un accidentado. El masaje cardíaco consiste en la compresión manual o mediante aparatos mecánicos de la mitad inferior del esternón. Con esta maniobra, realizada unas sesenta veces por minuto, puede conseguirse que el corazón se exprima y la sangre comience a circular.

FORMA

Configuración externa

La *forma* del corazón cambia con los movimientos de entrada y salida de sangre, pero, esquemáticamente, se puede comparar a un cono ligeramente aplastado de delante a atrás. El eje del cono señala la posición inclinada del corazón en el tórax, pues este eje, que une la base con el vértice del cono, es una línea oblicua hacia delante, a la izquierda y hacia abajo. El **surco coronario** (*surco auriculoventricular*) circunda el corazón siguiendo un plano perpendicular al eje cardíaco, y separa, en la superficie, las aurículas de los ventrículos. Las aurículas ocupan la parte posterosuperior del corazón y los ventrículos la parte anteroinferior. Se distinguen en su superficie tres caras, un borde derecho, una base y un vértice.

Cara esternocostal (*cara anterior*) (Fig. 15-11). La cara esternocostal está dividida, por el surco coronario, en dos segmentos: inferior o ventricular y superior o auriculovascular. El segmento inferior, más extenso, corresponde a los ventrículos y está recorrido por el **surco interventricular anterior** *(surco descendente anterior)*, que surge del surco coronario y desciende hasta la punta cardíaca, donde forma una pequeña muesca (**escotadura cardíaca**) por dentro del verdadero vértice del corazón. El surco corresponde en profundidad al tabique interventricular y delimita dos campos ventriculares en esta cara; dos tercios corresponden al ventrículo derecho y un tercio al ventrículo izquierdo.

El segmento superior presenta, en el medio, el origen de los grandes vasos arteriales que salen del corazón: la aorta y el tronco de la pulmonar. Este pedículo vascular está circunscrito por detrás por el surco coronario, que le separa de las aurículas. El origen de los grandes vasos se dispone de forma que el tronco de la pulmonar se sitúa por delante y a la izquierda de la aorta. Por detrás y a los lados de los grandes vasos, encontramos la porción auricular, constituida por la cara anterior de las aurículas y las **orejuelas**. Las aurículas forman una excavación que recibe a los grandes vasos, y se prolongan a los lados y por delante de éstos mediante las **orejuelas**, unos sacos de bordes irregulares que comunican con las aurículas. La **orejuela derecha** bordea el flanco derecho y anterior de la aorta hasta el surco coronario, y la **orejuela izquierda** contornea el origen de la pulmonar. Un surco estrecho y mal dibujado, el surco interauricular anterior, indica la zona de separación de ambas aurículas.

Cara diafragmática (*cara inferior*) (Fig. 15-12). Esta cara se apoya sobre el diafragma, especialmente sobre el centro tendinoso. Corresponde enteramente a los ventrículos, encontrándose delimitada de la base cardíaca por la parte posterior del surco coronario. Está recorrida por el **surco interventricular posterior,** que desciende desde el surco coronario hasta la punta del corazón y, por medio de la escotadura cardíaca, se continúa con el surco

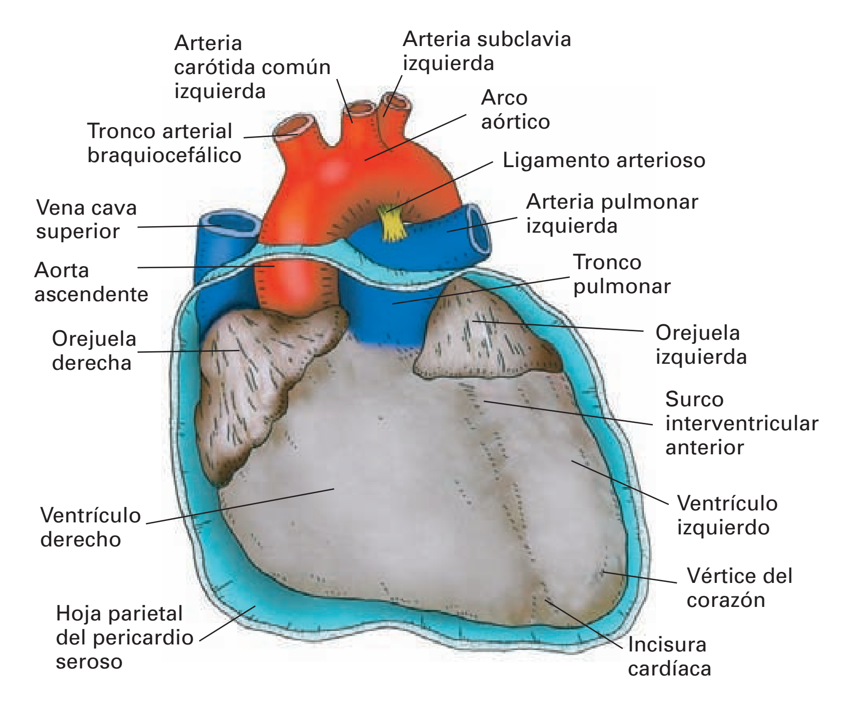


Figura 15-11. Visión anterior del corazón y de los grandes vasos tras abrir el saco pericárdico.

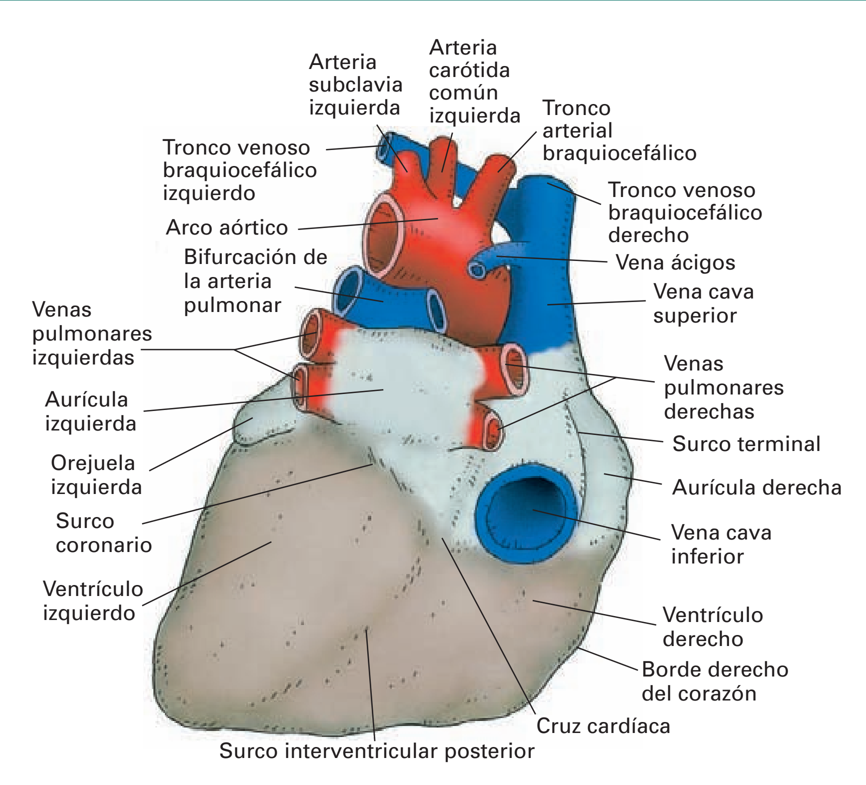


Figura 15-12. Visión posterior del corazón y de los grandes vasos mostrando la cara diafragmática y la base cardíaca.

interventricular anterior; el origen de este surco forma con el surco coronario la denominada *cruz cardíaca*.

Cara pulmonar (*cara izquierda*). Esta cara se orienta hacia arriba y a la izquierda. Es muy convexa y determina una profunda huella en el pulmón izquierdo. Corresponde casi en su totalidad al ventrículo izquierdo; la parte alta, muy reducida, está formada por la aurícula y la orejuela izquierdas, separadas del ventrículo por el surco coronario. La transición entre esta cara y las otras caras del corazón se hace de forma gradual, por lo que no es posible distinguir bordes izquierdos como hacen algunos autores clásicos.

El **borde derecho** o **borde agudo** separa las caras esternocostal y diafragmática, y está formado íntegramente por el ventrículo derecho. De dirección muy horizontal, se sitúa en el ángulo entre el diafragma y la pared anterior del tórax.

La **base** cardíaca (Fig. 15-12) está orientada hacia atrás y hacia la derecha y corresponde a las aurículas. Es en realidad la verdadera superficie posterior del corazón. La aurícula derecha tiene el aspecto de un saco alargado verticalmente en razón de la entrada de las venas cavas: por arriba recibe la desembocadura de la vena cava superior y por abajo la de la vena cava inferior. Uniendo los flancos derechos de las venas cavas se encuentra el **surco terminal** (*surco de His*), una huella embrionaria que marca la separación de la aurícula del primitivo seno venoso. La aurícula izquierda tiene forma de saco alargado horizontalmente, pues recibe, por un lado, las dos venas pulmonares derechas y, por el otro, las dos venas pulmonares izquierdas. El **surco interauricular posterior**, ancho, mal dibujado y lleno de grasa, está oculto, en parte, por las venas pulmonares derechas.

El **vértice** del corazón pertenece al ventrículo izquierdo. Está bordeado por dentro por la escotadura. Corresponde al quinto espacio intercostal izquierdo, un poco por dentro de la línea mamilar. A este nivel notamos al tacto el latido cardíaco.

Cavidades cardíacas

Aurículas

Las aurículas son dos sacos receptores de sangre que se sitúan por detrás de los ventrículos. Están separadas entre sí por el **tabique interauricular** (Figs. 15-8 y 15-13). Sus paredes son mucho más delgadas que las de los ventrículos, pues su trabajo mecánico es menor. El interior de las aurículas está tapizado por el endocardio y es liso excepto en algunas zonas concretas donde aparecen trabéculas carnosas denominadas **músculos pectíneos**.

La mayor delgadez de las paredes auriculares con respecto a las de los ventrículos no debe hacernos subestimar su función motora. La pérdida de la contracción auricular reduce el gasto cardíaco en un 20 % y aumenta la probabilidad de que se formen coágulos de sangre en estas cavidades por estasis sanguínea.

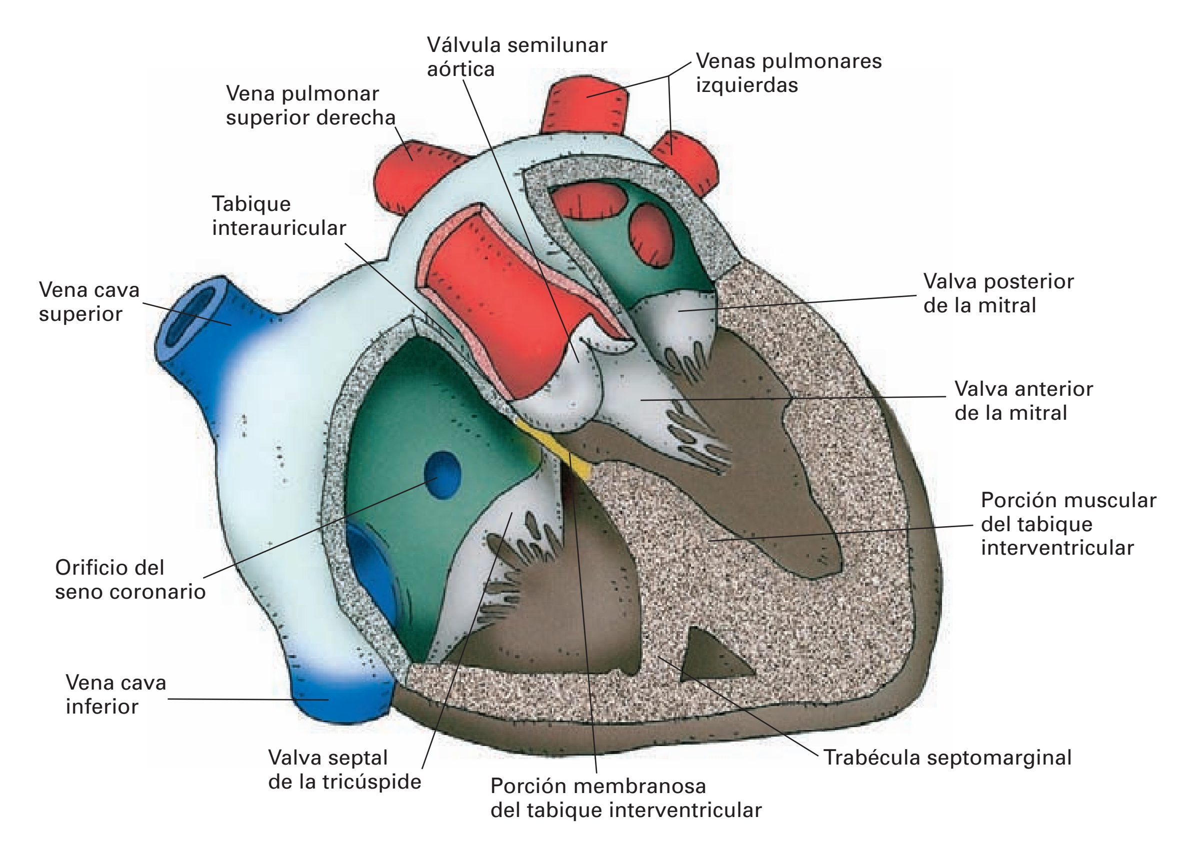


Figura 15-13. Sección frontal esquemática para mostrar las cavidades del corazón separadas por el tabique cardíaco.

Aurícula derecha

La aurícula derecha es un saco alargado en sentido vertical que se sitúa por detrás del ventrículo derecho y algo anterior a la aurícula izquierda. Forma parte de la base y de la cara esternocostal del corazón. Su interior es muy irregular, pero pueden, esquemáticamente, considerarse seis paredes o superficies interiores (Fig. 15-14).

Por arriba, hacia atrás, encontramos el **orificio de la vena cava superior**, y delante de éste, la amplia comunicación con la orejuela derecha; el interior de la orejuela es muy trabeculado por la existencia de abundantes crestas musculares.

> En algunos casos de **insuficiencia cardíaca** (se denomina así al estado de dificultad del corazón para actuar como una bomba eficiente), la sangre se remansa en la aurícula y, debido a las anfractuosidades creadas por las trabéculas, se crea mucha superficie de adhesión, facilitando que se peguen coágulos sanguíneos en esta zona; en algunas circunstancias, estos coágulos pueden desprenderse como émbolos y obstruir los vasos de la circulación pulmonar provocando una **embolia pulmonar**.

Por abajo, la aurícula presenta el **orificio de la vena cava inferior,** provisto por delante de un pliegue endocárdico, la **válvula de la vena cava inferior** (*válvula de Eustaquio*)[11]. Este pliegue fibroso se continúa hacia el tabique, por debajo del limbo de la fosa oval, y hacia la derecha, con la cresta terminal. A partir del nacimiento carece de significado funcional, pero en el feto actúa como válvula que contribuye a dirigir la sangre hacia la aurícula izquierda por el agujero oval. Delante y por dentro de la desembocadura de la vena cava inferior se encuentra el **orificio del seno coronario**; un repliegue endocárdico semilunar, la **válvula del seno coronario** (*válvula de Thebesio*)[12], circunda por delante y por fuera este orificio, y es posible que ayude a evitar la regurgitación de sangre hacia las venas coronarias durante la sístole auricular derecha.

Por delante, la aurícula comunica con el ventrículo mediante el **orificio auriculoventricular derecho** o tricuspídeo.

Por detrás, la pared es lisa. En ocasiones, se observa el **tubérculo intervenoso**, pequeña eminencia entre la desembocadura de las venas cavas. Hacia fuera encontramos el relieve de la **cresta terminal.** Se trata de un importante relieve muscular que se origina en la parte superior y media de la aurícula derecha, junto al surco interauricular anterior, se arquea alrededor del orificio de la vena cava superior, y desciende a lo largo de la pared lateral y posterior

[11] Bartholomeo Eustachio (1500-1574), anatomista italiano, fue uno de los iniciadores de la etapa moderna de la anatomía.

[12] Adan Thebesius (1686-1732), médico alemán.

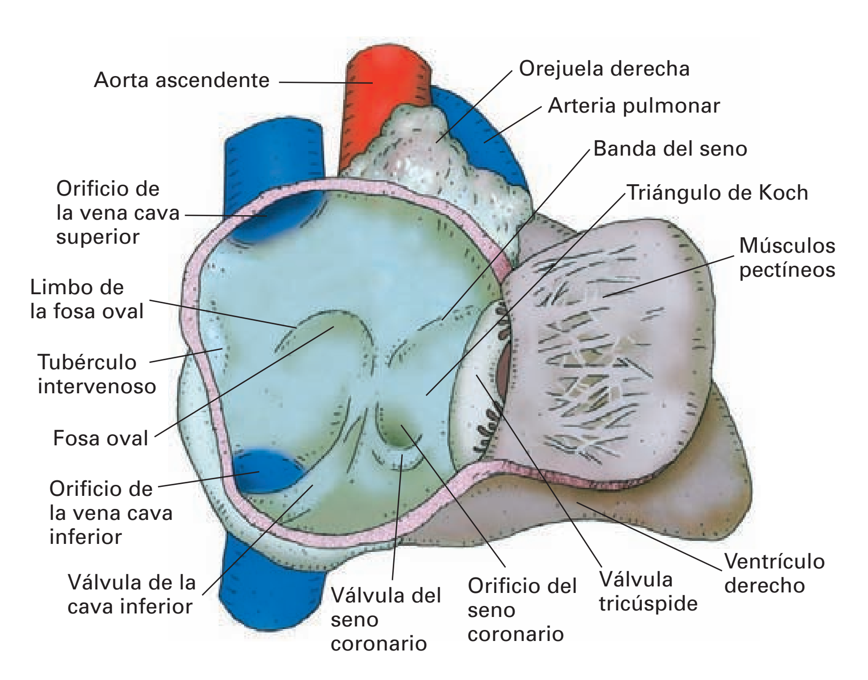


Figura 15-14. Aurícula derecha abierta tras seccionar y reclinar hacia delante la pared externa.

hasta llegar al orificio de la vena cava inferior; su trayecto entre la desembocadura de las venas cavas corresponde al surco terminal de la superficie auricular. La cresta terminal divide la aurícula derecha en dos partes, una anterior, en comunicación con la orejuela y surcada por múltiples músculos pectíneos, y otra posterior, de paredes lisas, en la que desembocan las venas cavas, el **seno de las venas cavas**, que equivale al seno venoso primitivo del embrión.

Por fuera, la pared auricular es estrecha y cubierta de **músculos pectíneos,** que discurren desde la cresta terminal hacia el orificio tricuspídeo.

Por dentro se encuentra el **tabique interauricular**. Hacia su parte media se observa una depresión llamada **fosa oval,** obturada por una delgada membrana (**válvula de la fosa oval**). La fosa está circunscrita por arriba y por delante por un borde, el **limbo de la fosa oval** (*anillo de Vieussens*)[13]. En la parte superior de la fosa oval, la membrana puede, en un 25 % de casos, estar discretamente separada del anillo, formando una hendidura de comunicación interauricular denominada *foramen oval permeable,* sin significado funcional alguno; en condiciones fisiológicas, no produce ningún cortocircuito pues la mayor presión en la aurícula izquierda con respecto a la derecha mantiene la válvula de la fosa oval aplicada contra el anillo de Vieussens. Delante y debajo del tabique interauricular se encuentra un pequeño espacio, el *triángulo de Koch.* Este espacio se delimita entre la valva septal de la tricúspide, por delante, el orificio del seno coronario, por detrás, y la *banda del seno,* por arriba. La banda del seno es un pequeño pliegue levantado por un tracto conectivo subendocárdico denominado *tendón de Todaro*; se extiende desde la porción membranosa del tabique a la válvula de la vena cava inferior. En este área se sitúa el nódulo auriculoventricular.

En la superficie interior de la aurícula se encuentran numerosos orificios pequeños de desembocadura de las venas cardíacas mínimas y de las venas cardíacas anteriores.

La pared interna de la aurícula es una zona de gran interés para el médico. Los defectos congénitos en el desarrollo del tabique interauricular constituyen las malformaciones cardíacas más frecuentes. La fosa oval es la huella del agujero oval que comunica las aurículas antes del nacimiento, y el anillo de Vieussens representa el borde libre del *septum secundum.* El agujero oval puede no cerrarse, dando origen a una malformación denominada **comunicación interauricular de tipo *ostium secundum*.**

Por otro lado, en la zona del *triángulo de Koch*, el cirujano debe ser muy cuidadoso, pues una maniobra traumática o la implantación de una sutura al reparar una válvula pueden herir el sistema de conducción (nódulo auriculoventricular) y provocar un bloqueo auriculoventricular completo que paraliza el corazón.

Por vía venosa (vena braquial, subclavia, yugular o femoral) se puede introducir un catéter en la aurícula derecha, en el ventrículo y en la arteria pulmonar, con la finalidad de medir la presión o analizar la composición de los gases sanguíneos.

Aurícula izquierda

La aurícula izquierda está situada por detrás del ventrículo izquierdo y forma parte de la base y las caras esternocostal

[13] Raymond Vieussens (1641-1715), médico francés.

y pulmonar del corazón. Tiene forma de saco alargado transversalmente.

Por detrás, presenta los **orificios de las venas pulmonares**, generalmente dos a la derecha y dos a la izquierda. Entre ellos, la aurícula se relaciona con el esófago (véase Mediastino).

Por delante, comunica con el ventrículo izquierdo a través del **orificio auriculoventricular izquierdo** o mitral. Por dentro, se encuentra el **tabique interauricular,** inclinado hacia atrás y la derecha, razón por la cual la aurícula izquierda es algo posterior con respecto a la derecha. En su parte media, se encuentra un área ovalada (**válvula del agujero oval),** que se corresponde con la fosa oval de la aurícula derecha.

Por fuera, se continúa con la **orejuela izquierda**, divertículo de la aurícula en forma de dedo de guante cuyas paredes son las únicas de la aurícula izquierda que están revestidas de **músculos pectíneos**.

En sus paredes se abren algunos diminutos orificios de desembocadura de venas cardíacas mínimas.

> La estrecha relación del esófago con el corazón permite realizar exploraciones cardíacas desde el esófago, como la **ecocardiografía transesofágica**, con las que se obtienen buenas imágenes de las cuatro cavidades.
>
> Para acceder a la válvula mitral, el cirujano abre la aurícula izquierda por detrás, realizando una incisión paralela al surco interauricular posterior.

Ventrículos

Los ventrículos del corazón son dos conos separados por un tabique interventricular y situados por delante y a la izquierda de las aurículas.

Características generales

a) El **tabique interventricular** se extiende desde la cara anterior a la cara inferior del corazón (Fig. 15-13). Los surcos interventriculares señalan la zona de unión del tabique con estas paredes. De forma triangular, tiene la base en continuidad con el tabique interauricular, y el vértice se extiende hasta la parte derecha de la punta del corazón. Presenta dos caras, que corresponden a las superficies septales de cada ventrículo; debido a su dirección oblicua, una cara mira hacia la derecha y hacia delante, y otra hacia la izquierda y atrás. La cara derecha hace protrusión hacia el ventrículo derecho y la cara izquierda es cóncava (Fig. 15-38).

El tabique está constituido por dos partes embriológica y estructuralmente distintas: la **porción muscular** y la **porción membranosa**. La porción muscular es gruesa y constituye la mayor parte del tabique. La porción membranosa forma la parte superior y posterior del tabique; de forma ovalada, es delgada, fibrosa y casi translúcida. Por su lado izquierdo, corresponde a la zona de salida del ventrículo izquierdo, inmediatamente por debajo de las válvulas semilunares aórticas posterior y derecha. Por su lado derecho, el tabique corresponde a las dos cámaras derechas del corazón; en efecto, la inserción sobre este lado de la valva septal de la tricúspide divide el tabique en dos sectores: uno anterior, ventricular, y otro posterior, auricular (*septo atrioventricular)*, el cual separa la aurícula derecha del vestíbulo aórtico del ventrículo izquierdo. Como la valva septal de la tricúspide se implanta más baja que la válvula mitral, ésta es la zona de presentación de las comunicaciones entre el ventrículo izquierdo y la aurícula derecha.

b) Cada ventrículo presenta un orificio de entrada, que comunica con la aurícula (orificio auriculoventricular), y un orificio arterial de salida, que comunica el ventrículo derecho con la pulmonar y el ventrículo izquierdo con la aorta (Fig. 15-8). Estos orificios se encuentran en la base de los conos ventriculares y debido a la inclinación cardíaca están orientados hacia atrás. A nivel de estos orificios, se dispone un aparato valvular que regula el curso de la sangre y que describimos en un apartado conjunto. La región del ventrículo que recibe la sangre auricular se denomina *cámara de entrada,* y la región que se abre al orificio arterial se llama *cámara de salida.*

c) Las paredes de los ventrículos son mucho más gruesas que las paredes auriculares a causa del mayor trabajo mecánico que tienen que realizar; además, la pared del ventrículo izquierdo es más gruesa que la del derecho debido a la mayor presión sanguínea en la aorta (130 mm Hg) que en la pulmonar (30 mm Hg).

d) El interior de las cavidades ventriculares está revestido por el endocardio y tiene un aspecto muy anfractuoso debido a numerosos salientes musculares (**trabéculas carnosas**). Se distinguen tres tipos de trabéculas carnosas. Las trabéculas de primer orden se denominan **músculos papilares**, y consisten en relieves cónicos unidos por su base a la pared ventricular y de cuyo vértice salen las cuerdas tendinosas; forman parte del dispositivo valvular. Las trabéculas de segundo orden cruzan la cavidad, a modo de puentes, fijándose en las paredes por sus extremos. Las trabéculas de tercer orden son elevaciones de la pared muscular, a la que se fijan en toda su extensión.

Ventrículo derecho

El ventrículo derecho corresponde a la cara esternocostal, el borde derecho y la cara diafragmática del corazón. Distinguimos en él una base, un vértice y tres paredes (Fig. 15-15). La base del ventrículo presenta dos orificios dotados de válvulas: el **orificio auriculoventricular derecho,** con la **válvula tricúspide,** y el **orificio de la arteria pulmonar,** con las **válvulas semilunares**. El orificio pulmonar se sitúa por delante, a la izquierda y un poco por encima del orificio auriculoventricular; la pared muscular que se dispone entre ambos orificios constituye la cresta supraventricular (véase más adelante).

El vértice es muy anfractuoso, pues está ocupado por numerosas trabéculas carnosas más gruesas que las del ventrículo izquierdo.

La pared anterior corresponde a la cara esternocostal, y presenta, hacia la parte media, el **músculo papilar anterior,** del que arrancan cuerdas tendinosas hacia las valvas

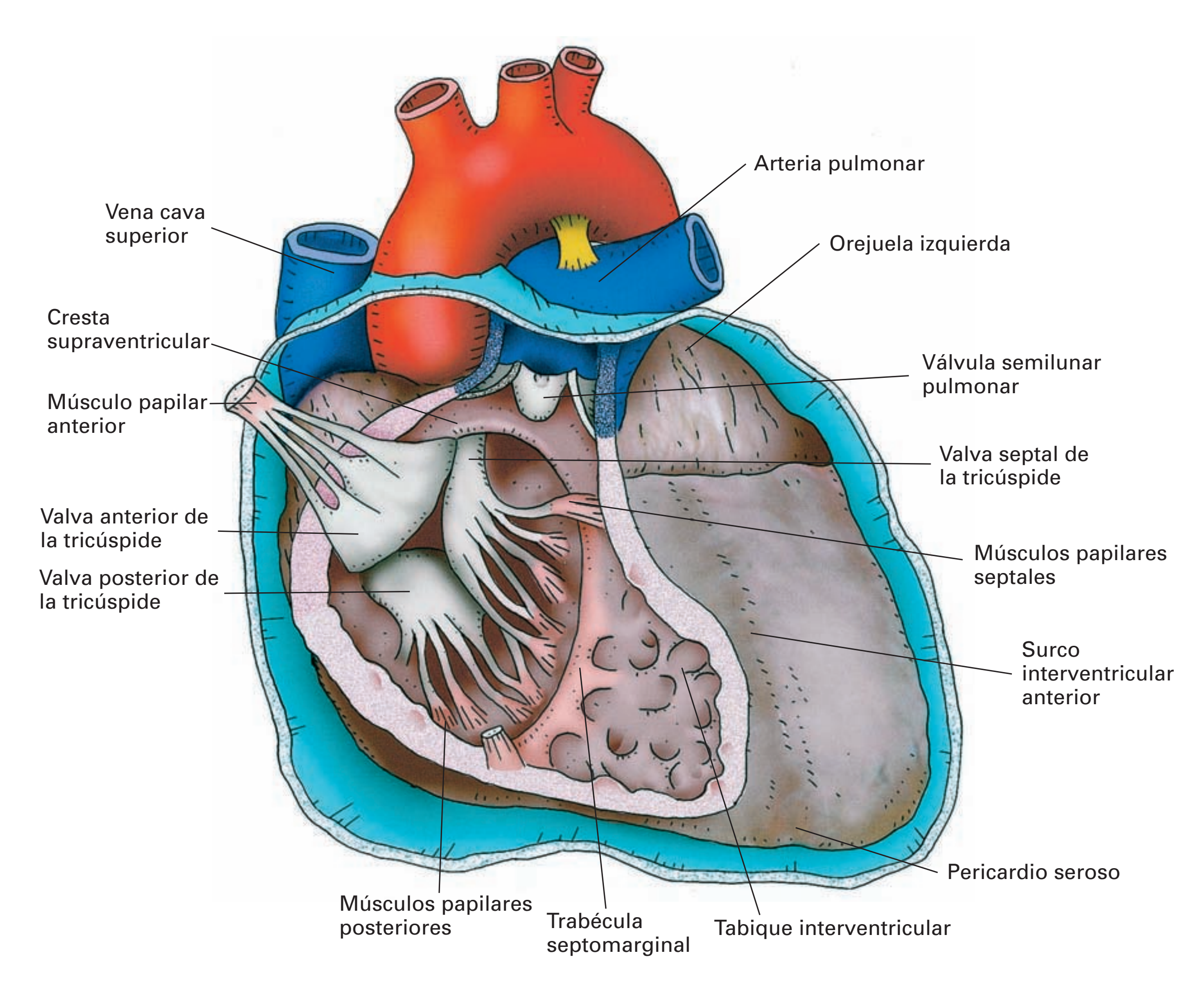


Figura 15-15. Visión anterior del corazón con el ventrículo derecho abierto.

anterior y posterior de la tricúspide; frecuentemente, el pilar se bifurca o trifurca en la punta formando pequeños conos musculares.

La pared posterior, más estrecha, corresponde a la cara diafragmática y sobre ella se fija el **músculo papilar posterior**, a veces formado por varios pequeños músculos papilares; del vértice salen cuerdas tendinosas hacia las valvas posterior y septal de la tricúspide.

La pared septal, muy convexa, corresponde al tabique interventricular. En ella se encuentran varios, pequeños y muy variables **músculos papilares septales,** de los que parten cuerdas tendinosas hacia las valvas septal y anterior de la tricúspide. Uno de estos músculos está más desarrollado y ocupa la parte superior y anterior del tabique (*músculo papilar del cono arterial).* La pared septal está recorrida por una trabécula carnosa de segundo orden de gran interés: **la trabécula septomarginal**[14] (*banda moderadora, cintilla ansiforme).* Esta cinta carnosa, de forma variable, se extiende desde un poco por debajo del orificio pulmonar a la base del músculo papilar anterior. Por ella discurre la rama derecha del fascículo auriculoventricular.

Cámaras del ventrículo derecho. Un plano que pase por la valva anterior de la tricúspide y la trabécula septomarginal divide la cavidad ventricular en una cámara posteroinferior, la cámara de entrada en comunicación con el orificio, auriculoventricular, y una cámara anterosuperior, la cámara de salida en comunicación con el orificio pulmonar. La parte más elevada de la cámara de salida es el **infundíbulo** o **cono arterial**, que se sitúa en el ángulo superior izquierdo del ventrículo. Representa una parte del bulbo cardíaco embrionario que se incorpora al ventrículo derecho. A diferencia del resto del ventrículo, tiene las paredes lisas. El límite inferior del cono arterial es la **cresta supraventricular** (*espolón de Wolff*)[15], un relieve muscular arqueado de concavidad anterior que se extiende oblicuamente desde el tabique a la pared anterior del ventrículo.

[14] Leonardo da Vinci ya reparó en ella, siendo, probablemente, el primero que la describió.

[15] Caspar Friedrich Wolff (1733-1794), médico alemán. Fue profesor de Anatomía en San Petesburgo. Realizó importantes contribuciones sobre el desarrollo embrionario.

Ventrículo izquierdo

El ventrículo izquierdo tiene las paredes mucho más gruesas que el ventrículo derecho, es algo más largo y tiene un aspecto más redondeado. Distinguimos una base, un vértice y dos paredes (Fig. 15-16).

La base presenta dos orificios de comunicación: **el orificio auriculoventricular izquierdo,** con la **válvula mitral,** y el **orificio de la arteria aorta,** con las **válvulas semilunares**. El orificio aórtico se sitúa por delante y a la derecha del mitral; los dos orificios forman una unidad funcional *mitroaórtica.*

El vértice es muy anfractuoso por la presencia de numerosas trabéculas carnosas; corresponde a la punta del corazón.

La pared externa, muy amplia, corresponde a las caras esternocostal, pulmonar y diafragmática del corazón. La pared septal corresponde al tabique interventricular, que en su mayor parte es liso. El ventrículo presenta dos músculos papilares. El **músculo papilar anterior** se desprende de la pared externa y, generalmente, tiene dos mamelones carnosos en su vértice, del que salen cuerdas tendinosas para las dos valvas de la mitral. El **músculo papilar posterior** se desprende de la parte inferior y posterior de la cara externa en la proximidad del tabique; suele tener un aspecto bifurcado o trifurcado a nivel del vértice, del que salen cuerdas tendinosas para las valvas y comisuras de la mitral.

Cámaras del ventrículo izquierdo. Un plano que pase por la valva anterior de la mitral divide el ventrículo en una cámara de entrada, inferoexterna, que recibe la sangre por el orificio auriculoventricular izquierdo, y una cámara de salida, en posición superointerna. La cámara de salida queda comprendida entre el tabique y la valva anterior de la mitral; su parte superior forma el infundíbulo aórtico, de paredes estrechas y lisas; a este nivel, el tabique está formado por la parte membranosa que separa el cono aórtico de las cavidades derechas (por delante el ventrículo y por detrás de la aurícula).

Dispositivo valvular del corazón

Los orificios de entrada y de salida de las cavidades ventriculares disponen de válvulas que regulan el flujo sanguí-

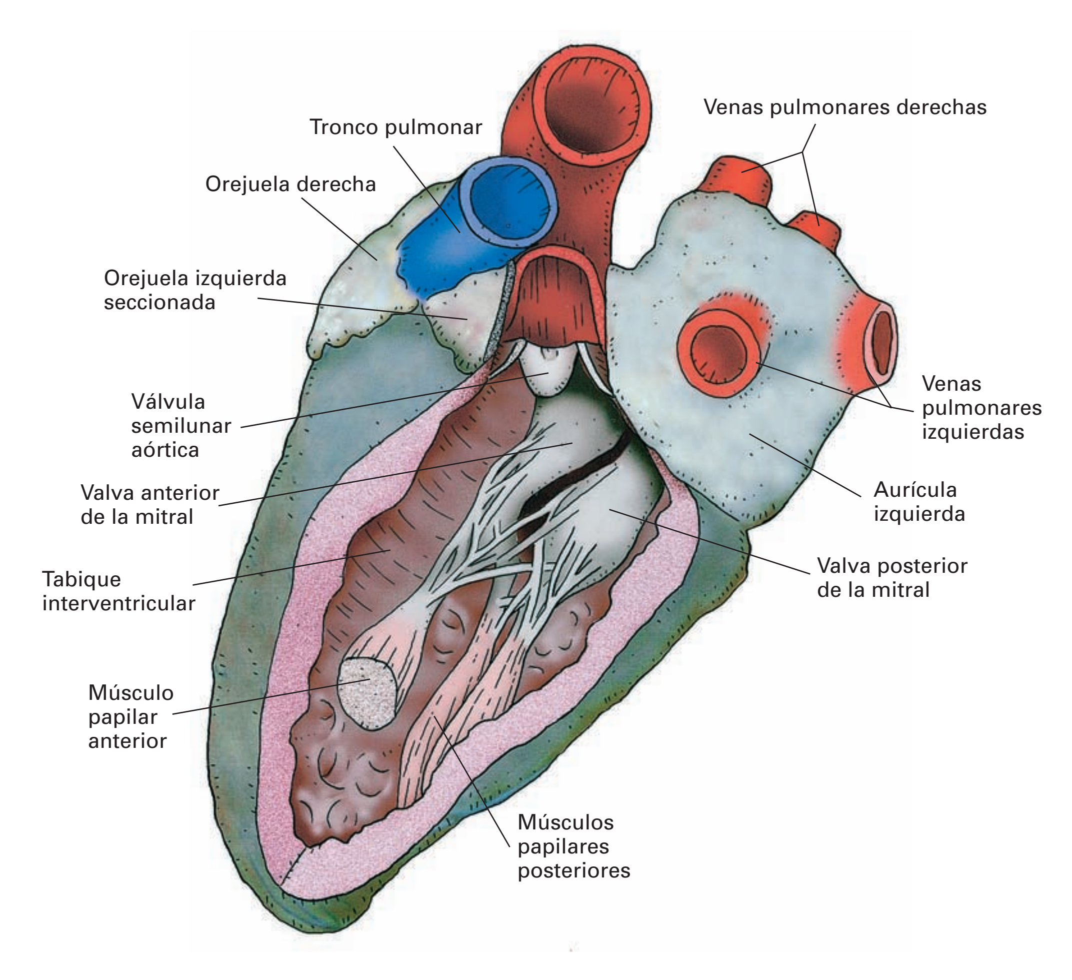


Figura 15-16. Visión lateral izquierda del corazón con el ventrículo izquierdo abierto.

neo. Estos orificios se sitúan en la base de los ventrículos (Fig. 15-18). Si se eliminan las aurículas, la base ventricular aparece como un plano en el que los orificios valvulares se disponen en dos zonas: una zona posterior, más ancha, donde encontramos los orificios auriculoventriculares derecho e izquierdo, y una zona anterior, donde se sitúan los orificios arteriales. En esta zona anterior, el orificio aórtico se dispone inmediatamente por delante de los orificios auriculoventriculares, y el orificio pulmonar se sitúa por delante y un poco a la izquierda del orificio aórtico. Todos los orificios se encuentran al mismo nivel, excepto el orificio de la arteria pulmonar que está un centímetro por encima. Debemos tener presente que, dada la posición del corazón, el plano valvular está inclinado y mira hacia atrás (es casi vertical), algo hacia arriba y hacia la derecha; debido a esta posición, los orificios valvulares posteriores son en realidad inferiores a los orificios arteriales.

Los orificios valvulares están rodeados por **anillos fibrosos**, los cuales forman parte del aparato valvular y configuran el denominado **esqueleto cardíaco**[16]. Los anillos fibrosos están constituidos por un gran cúmulo de fibras de colágeno con extensiones de tejido membranoso y fibroaerolar, cuya densidad muestra una gran variabilidad individual: cambia con la edad, incrementándose en edades avanzadas. Sobre estos anillos se insertan las válvulas y las fibras miocárdicas. Los anillos son elásticos, flexibles y resistentes a la torsión, lo que les confiere una cierta rigidez al tiempo que capacidad de deformación, rigidez para soportar la tensión de las inserciones y deformabilidad para modificar su tamaño y contribuir al cierre y apertura de las válvulas (véase más adelante). Además, los anillos contribuyen a aislar electrofisiológicamente las aurículas de los ventrículos. En las zonas de contacto de los anillos se forman engrosamientos llamados **trígonos fibrosos,** que son puntos de continuidad del esqueleto. Hay **un trígono fibroso derecho** entre la aorta y los orificios auriculoventriculares, y un **trígono fibroso izquierdo**, más pequeño, entre la aorta y el orificio auriculoventricular izquierdo. El trígono fibroso derecho, junto con la porción membranosa del tabique interventricular, constituye el **cuerpo fibroso central.**

Válvulas auriculoventriculares

Características generales

El aparato valvular de la tricúspide o de la mitral (*complejo anulo-papilo-parietoventricular*) consta de los siguientes elementos: anillo fibroso, valvas, cuerdas tendinosas y músculos papilares (Fig. 15-8).

El **anillo fibroso** es una corona de fibras que rodea el orificio. Es algo irregular en espesor y presenta alguna discontinuidad. Su configuración tridimensional es compleja y dinámica, pues se modifica a lo largo del ciclo cardíaco.

Las **valvas** o **velos** son hojitas membranosas muy delgadas constituidas por un plano conectivo envuelto por endocardio. Cada valva tiene una cara auricular o axial, una cara parietal o ventricular, un borde adherente al anillo y un borde libre de aspecto irregular con múltiples hendiduras. La cara auricular es lisa y la ventricular rugosa debido a la inserción de las cuerdas tendinosas. Se pueden distinguir en la valva tres partes: la base, que ocupa la periferia adherente de la valva y contiene vasos sanguíneos y algunas fibras miocárdicas; la zona rugosa, junto al borde libre; y, entre ambas, la zona clara, de aspecto translúcido.

El plano conectivo de los velos está constituido por tres capas: *fibrosa, esponjosa* y *fibroelástica*. La *capa fibrosa* es la central, rica en colágeno, y se continúa con el anillo fibroso y con las cuerdas tendinosas. La *capa esponjosa* tapiza el lado auricular de la fibrosa y constituye el borde libre de los velos; está formada por tejido conectivo laxo rico en glucosaminoglicanos. La *capa fibroelástica* envuelve las dos anteriores; la parte que cubre a la fibrosa es la capa ventricular y la que tapiza la esponjosa se denomina capa auricular.

En los velos hay fibras nerviosas de carácter colinérgico y adrenérgico. Inervan las fibras lisas de la base valvular y un tipo especial de células intermedias entre la fibra lisa y los fibroblastos (**células intersticiales**), que tienen capacidad contráctil. Estas fibras podrían contribuir a regular la actividad valvular moderando la actividad de los miocitos.

Las **cuerdas tendinosas** son finos tallos fibrosos que se extienden entre las valvas y los músculos papilares. Se insertan en el borde libre, en la cara parietal o en el borde adherente de las valvas. Algunas cuerdas tendinosas, preferentemente las que se insertan en el borde libre, se dividen en varios tallos en la proximidad de su inserción (*cuerdas en abanico*). Las cuerdas tendinosas están formadas por un armazón de colágeno y de fibras elásticas revestido de endocardio; son avasculares. Las fibras colágenas se disponen formando haces ondulados a lo largo de la cuerda, y las fibras elásticas son superficiales. Esta organización otorga a las cuerdas resistencia y una gran elasticidad, lo que es óptimo para transmitir la contracción de los músculos papilares hacia las valvas, ya que la disposición ondulada del colágeno otorga a la cuerda una reserva de elongación para mitigar el tirón de la fuerza de contracción de los músculos.

Los **músculos papilares** son relieves musculares cónicos que han sido descritos con las paredes ventriculares.

[16] Aunque se ha considerado que el esqueleto cardíaco está constituido por las cuatro válvulas cardíacas, realmente los velos semilunares de la válvula pulmonar se encuentran en el infundíbulo muscular del ventrículo derecho, y están separados del anillo aórtico por la pared posterior del propio infundíbulo, el cual puede ser extirpado quirúrgicamente sin afectar el esqueleto fibroso.

El complejo anulo-papilo-parietoventricular, al margen de su función valvular, constituye un andamiaje estructural, dispuesto mecánicamente en paralelo con las paredes ventriculares, que desempeña un papel importante tanto en la configuración geométrica ventricular como en su función. La sección experimental de las cuerdas mitrales en los animales altera significativamente la morfología ventricular y reduce notablemente su capacidad contráctil.

Características específicas

Válvula tricúspide

La válvula tricúspide ocupa el orificio auriculoventricular derecho (Figs. 15-15 y 15-18). Este orificio es casi circular y se modifica a lo largo del ciclo cardíaco. Su superficie máxima es de 11.3 + 1.8 cm^2 y experimenta una reducción de hasta el 33 %.

El **anillo tricuspídeo** diverge desde el cuerpo fibroso central, rodeando y dando soporte a los velos de la válvula; es menos grueso en colágeno que el anillo mitral. A veces es tan fino en determinados puntos (preferentemente anterior y posterior) que sólo algo de tejido fibroaerolar separa la masa muscular auricular de la ventricular. En estos puntos los velos valvulares parecen insertarse directamente en el miocardio.

Como su nombre indica, la tricúspide está formada por tres **valvas** (anterior, posterior y septal) separadas por *comisuras valvulares.* (Algunos autores consideran que las valvas forman una especie de cortina continua en forma de embudo, en la que tres profundas identaciones la dividen en tres valvas a modo de una cortina rasgada.) La **valva anterior** recibe cuerdas tendinosas del músculo papilar anterior y de los músculos papilares septales. La **valva posterior** recibe cuerdas tendinosas de los músculos papilares anterior y posterior, y suele presentar algunas identaciones. La **valva septal** recibe cuerdas tendinosas de los músculos septales y papilar posterior. Las regiones comisurales están soportadas por cuerdas en abanico; esta referencia anatómica es de gran utilidad para el cirujano pues, en casos de grave deformación valvular, estas cuerdas le permiten localizar exactamente las comisuras.

Válvula mitral

La válvula mitral (denominada así por su parecido con la mitra de un obispo) o *bicúspide* ocupa el orificio auriculoventricular izquierdo (Figs. 15-16 y 15-18). El orificio es algo más pequeño que el orificio tricuspídeo, tiene una superficie media de 7.6 + 1.9 cm^2, y varía a lo largo del ciclo cardíaco entre un 20 y un 40 %.

El anillo mitral es más denso y extenso que el tricuspídeo. En su segmento septal se ve reforzado por inserciones en los trígonos fibrosos, y a partir de ellos se proyectan en forma de látigo, circunferencialmente, hacia la cara posterior unos haces colágenos a modo de tendones de longitud variable, las *fila de Henle*.

Está formada por dos **valvas**, una **anterio**r *(mayor)*, más grande y que carece de zona basal, y otra **posterior** (*menor*), separadas por dos profundas *comisuras, anterolateral* y *posteromedial*, que la dividen en tres festones. La valva anterior está en contigüidad con parte del anillo aórtico a través de una estructura elástica conectiva denominada «cortina aortomitral» o «fibrosa intervalvular»; esta conexión contribuye a la coordinación de los movimientos valvulares de las cavidades izquierdas y explica la difusión de procesos infecciosos entre las dos válvulas. Cada valva recibe cuerdas tendinosas de los músculos papilares anterior y posterior del ventrículo izquierdo,y, al igual que en la válvula tricúspide, las cuerdas en abanico terminan en las comisuras. La valva anterior de la mitral, a diferencia de la valva septal de la tricúspide, no se inserta en el tabique interventricular. La valva posterior está dividida en tres festones por dos pequeñas identaciones, disposición que contribuye a optimizar el cierre valvular precisamente en una zona donde la contracción presistólica del anillo valvular es máxima.

Válvulas semilunares

Características generales

El dispositivo valvular de la aorta y de la pulmonar consta de los siguientes elementos: anillo fibroso, valvas semilunares o sigmoideas, y senos arteriales.

a) El **anillo fibroso** de las válvulas semilunares tiene una disposición compleja. No es una simple formación anular, sino que está constituido por tres arcos colágenos, cóncavos hacia arriba y que se unen por sus puntas, dirigidas en sentido del flujo sanguíneo; en conjunto, dibujan tres letras U muy abiertas que corresponden a la zona de fijación de las valvas.

b) Las **valvas semilunares** son tres membranas en forma de nidos de golondrina, constituidas por un fino entramado fibroso revestido de endocardio (Figs. 15-8, 15-13, 15-15, 15-16 y 15-18). Cada valva tiene: una cara de salida en el sentido del flujo, que es cóncava hacia la pared arterial; una cara de entrada, convexa hacia el tracto de salida del ventrículo; un borde adherente, en forma de «U», donde la lámina fibrosa de la valva se inserta en el correspondiente arco del anillo fibroso; y un borde libre, horizontal, que presenta un engrosamiento fibroso en el centro (*nódulo*) y dos zonas más delicadas y transparentes a los lados (*lúnulas*).

El tejido conectivo de la valva está formado por tres capas que, de la cara de salida a la cara de entrada, se denominan: *fibrosa, esponjosa* y *ventricular*. La *capa fibrosa* es una prolongación del anillo fibroso. Es muy rica en colágeno, el cual está orientado circunferencialmente, es decir, paralelo a la pared arterial. La *capa esponjosa* es un tejido muy laxo rico en glucosaminoglicanos. La *capa ventricular* contiene fibras colágenas y elásticas entremezcladas; el colágeno se orienta en el sentido del flujo sanguíneo.

En el espesor del velo hay fibras nerviosas colinérgicas y adrenérgicas, que inervan haces de fibras lisas y las células

intersticiales (véase Válvulas auriculoventriculares). Hay también terminaciones nerviosas libres, habiéndose sugerido que podrían actuar como receptores sensoriales y contribuir a la dinámica valvular.

c) A nivel de las valvas, la pared arterial es más débil y está ligeramente dilatada, formando los **senos arteriales** (*senos de Valsalva*)[17], que están delimitados por arriba por el rodete supravalvular. Los senos aórticos son más grandes que los de la pulmonar. Los senos de Valsalva desempeñan un papel importante en la dinámica valvular (véase más adelante).

Características específicas

Válvula pulmonar. Se encuentra a la salida del infundíbulo del ventrículo derecho y consta de tres valvas: **valva anterior, derecha** e **izquierda**[18].

Válvula aórtica. Se encuentra a la salida del cono arterial del ventrículo izquierdo y consta de tres valvas: **posterior, derecha** e **izquierda**. En razón del origen de las arterias coronarias en los senos de Valsalva de la aorta, hay una tendencia entre los médicos especialistas a denominar a estas valvas con otro nombre. Así, a la valva **derecha** se la llama *valva coronaria derecha,* a la valva **izquierda** se la denomina *valva coronaria izquierda*, y a la valva **posterior** se la llama *valva no coronaria*.

El anillo aórtico es el área de inserción de la raíz de la aorta en el ventrículo izquierdo. La raíz aórtica se ancla al miocardio ventricular izquierdo en, aproximadamente, la mitad de su perímetro y a estructuras fibrosas (cortina aortomitral y el septo membranoso) en la otra mitad. La raíz aórtica tiene continuidad fibrosa con la valva anterior mitral y el septo membranoso, y se ancla en el septo interventricular muscular mediante bandas fibrosas.

MORFODINÁMICA CARDÍACA Y VALVULAR

Un *ciclo cardíaco* sucede en dos fases (Fig. 15-39): el llenado de sangre de los ventrículos (*diástole*) y el vaciado de los mismos por contracción de la pared cardíaca (*sístole*).

1) La *diástole* comienza al cerrarse completamente las válvulas semilunares tras la expulsión de sangre de los ventrículos a las arterias. Consta de tres períodos: *relajación ventricular isovolumétrica, llenado ventricular pasivo* y *sístole auricular.*

a) Período de *relajación ventricular isovolumétrica:* durante este período, la fibra miocárdica se relaja y, sin variación de volumen intraventricular (no entra ni sale sangre pues ambas válvulas están cerradas), la presión ventricular cae por debajo de la presión auricular, determinando así la apertura de las válvulas auriculoventriculares y el comienzo del segundo período.

b) Período de *llenado ventricular pasivo:* durante esta fase, la sangre que fluye continuamente a las aurículas pasa a los ventrículos por el gradiente de presión creado.

c) Período de *sístole auricular:* al final del período anterior se produce una contracción de las aurículas, que provoca un llenado extra de la cavidad ventricular. Este llenado final proporciona una tensión adicional de la fibra miocárdica que optimiza el rendimiento de los ventrículos durante la fase de sístole. La sístole auricular hace, también, más eficiente el cierre de las válvulas auriculoventriculares mediante su contribución a la contracción del correspondiente anillo fibroso.

Al final de este período, las válvulas auriculoventriculares están completamente cerradas y comienza la sístole.

2) La *sístole* consta de dos períodos: uno breve, de *contracción isovolumétrica*, y otro, de *eyección*.

a) El período de *contracción isovolumétrica* tiene lugar cuando las dos válvulas están cerradas y no puede salir la sangre; en esta situación, aumenta la presión de los ventrículos con respecto a las arterias y hay también un discreto acortamiento de las fibras miocárdicas. En esta fase, el ventrículo izquierdo, que mantiene una forma elipsoide durante la diástole, se vuelve más esférico merced a un ligero acortamiento de su eje mayor (eje base-vértice) y un pequeño aumento de su eje menor o transversal.

b) El período de *eyección* comienza con la apertura de las válvulas semilunares. El miocardio se contrae con un acortamiento de las fibras, la sangre es expelida y el volumen ventricular se reduce. El acortamiento ventricular es algo diferente para cada ventrículo. El ventrículo izquierdo se exprime transversalmente mucho más de lo que se acorta su eje mayor (base-vértice), y el grosor de la pared se incrementa en un tercio. El ventrículo derecho se acorta fundamentalmente a expensas de reducir su eje mayor; la compresión de esta cámara es ayudada por el denominado «efecto fuelle», provocado por la contracción del ventrículo izquierdo que tira de las inserciones ventriculares derechas. Este patrón de acortamiento derecho es eficiente para bombear gran cantidad de sangre con el mínimo de acortamiento muscular, mecanismo muy adecuado para trabajar con las bajas presiones sanguíneas del círculo menor.

Cuando la sangre se ha expulsado, se cierran las válvulas semilunares y comienza un nuevo ciclo cardíaco.

---

[17] Antonio Valsalva (1666-1733), médico italiano, profesor de Anatomía de la Universidad de Bolonia.

[18] Las valvas de la pulmunar y de la aorta se denominan (Nómina Anatómica Internacional) según su origen embriológico en el tronco arterioso y no según su exacta posición anatómica en el adulto. Es frecuente, en clínica cardíaca, denominar a estas valvas según este último criterio, lo que provoca confusión con la anterior nomenclatura. Así, las válvulas semilunares pulmonares se denominan *posterior* (**izquierda**), *anterior derecha* (**derecha**) y *anterior izquierda* (**anterior**); la válvulas semilunares aórticas se denominan *anterior* (**derecha** o *coronaria derecha*), *posterior derecha* (**posterior** o *no coronaria*) y *posterior izquierda* (**izquierda** o *coronaria izquierda*)..

Movimientos valvulares

Los movimientos de cierre y apertura de las válvulas cardíacas durante el ciclo cardíaco son más complejos de lo que tradicionalmente se pensaba (Fig. 15-17). Además de los gradientes de presión a uno y otro lado de los compartimientos vasculares que separan, existen mecanismos activos debidos al propio complejo valvular, a la fibras miocárdicas y a las corrientes hemodinámicas.

Válvulas auriculoventriculares

La *apertura* de estas válvulas se lleva a cabo porque el gradiente de presión entre las aurículas y los ventrículos hace que las valvas se separen hacia estos últimos al pasar la sangre.

Las válvulas se *cierran* principalmente porque el llenado de sangre ventricular al final de la diástole hace que las valvas tiendan a la posición horizontal y se aproximen entre ellas para cerrar la luz. La misión del dispositivo de cuerdas tendinosas y músculos papilares es evitar que durante la sístole las valvas se eviertan hacia las aurículas y pase sangre hacia ellas. La contracción miocárdica de los músculos papilares tira de las cuerdas y tensa las valvas.

Contribuyen al cierre otros mecanismos simultáneos de naturaleza activa y hemodinámica, como la contracción del anillo fibroso, la formación de turbulencias locales en la sangre ventricular junto a los velos valvulares y, quizá, también, la contracción de la pequeña banda muscular lisa que hay en la base de los velos, que tensa éstos mejorando su coaptación (estas fibras tienen inervación adrenérgica y colinérgica).

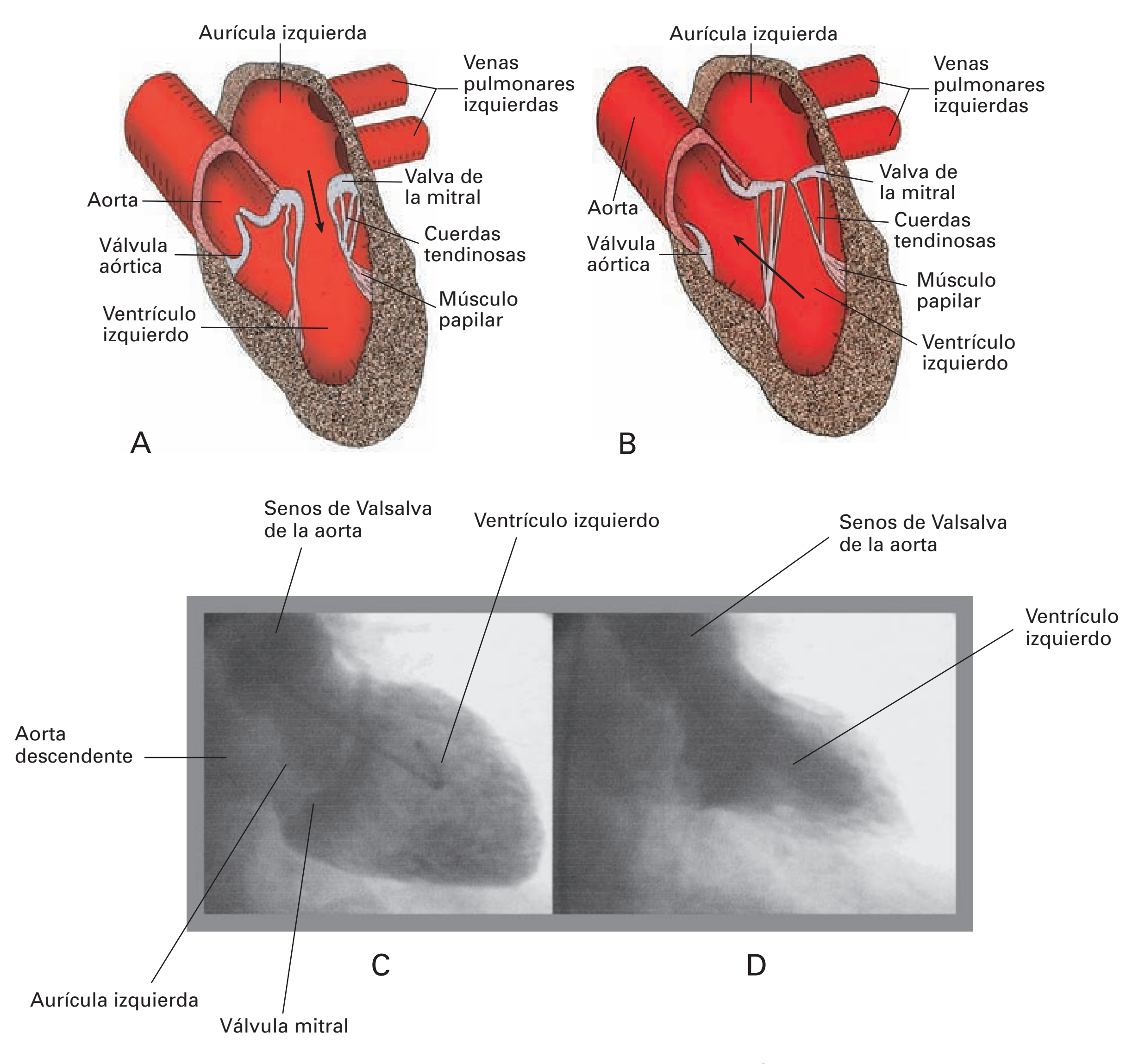


Figura 15-17. Esquema de las cavidades izquierdas del corazón. (A) Diástole. (B) Sístole. Las válvulas auriculoventriculares se abren en la diástole y se cierran en la sístole. Las válvulas semilunares están cerradas en la diástole y se abren durante la sístole. Angiocardiografía de las cavidades izquierdas. (C) Diástole. (D) Sístole (nótese la reducción de la luz ventricular).

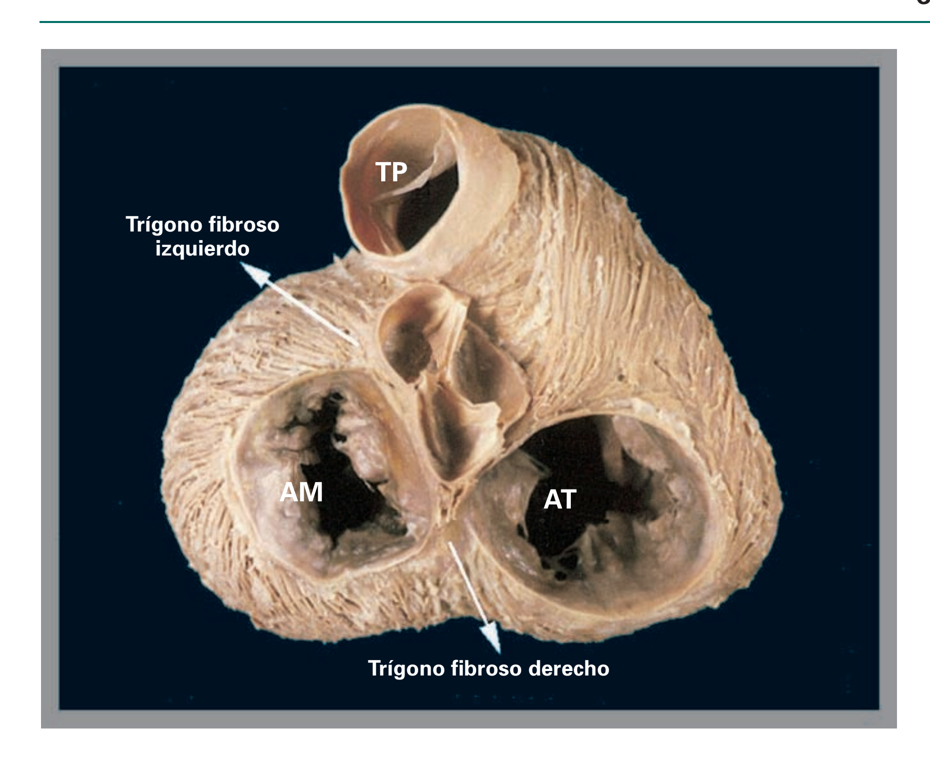


Figura 15-18. Visión basal de los ventrículos, tras seccionar las aurículas, en la que se muestra el esqueleto fibroso del corazón, el dispositivo valvular y la organización de las fibras musculares. Tronco de la arteria pulmonar (TP). Anillo tricuspídeo (AT). Anillo mitral (AM).

El cierre valvular comienza en la fase de llenado ventricular pasivo; posiblemente, la formación de vórtices turbulentos de sangre en la cara ventricular de los velos desempeña un importante papel en la puesta en marcha del movimiento. El cierre se hace en dos tiempos: 1) a medida que se va llenando el ventrículo, las valvas se horizontalizan y ocluyen parcialmente el orificio (los velos no se desplazan uniformemente, sino que el movimiento sigue más bien el patrón de una ola o del flamear de una bandera); 2) luego, la sístole auricular final del período diastólico produce una contracción del anillo fibroso y una reapertura transitoria de los segmentos centrales de las valvas, para permitir el llenado extra de sangre al ventrículo. Con el llenado completo, la válvula se cierra.

Válvulas semilunares

Las válvulas semilunares se *abren* porque el gradiente de presión permite el paso de la corriente sanguínea de los ventrículos a las arterias, la cual separa las valvas hacia la pared vascular formando un orificio de aspecto triangular. Datos experimentales muestran que, inicialmente, durante la fase de contracción isovolumétrica, hay un mecanismo activo de dilatación de la raíz arterial que tracciona del borde libre de los velos (provoca una apertura del 8 % del área valvular máxima).

Las valvas no se pegan a la pared durante la eyección, pues entre la valva y el seno de Valsalva se forman remolinos sanguíneos que impiden este aplanamiento total. Además, parece que, en el caso de la válvula aórtica, la presión de la corriente sanguínea aumenta ligeramente el radio de la parte superior del complejo valvular, donde la pared arterial es algo deformable.

Las válvulas se *cierran* al caer bruscamente la presión ventricular al final de la sístole. Las valvas se aproximan y los bordes libres contactan. La columna de sangre de las arterias, a elevada presión, no puede retroceder a los ventrículos.

El inicio del movimiento de cierre tiene lugar antes de que termine la sístole, y contribuyen a ello diversos mecanismos activos. Así, la formación de remolinos en los senos de Valsalva, como hemos descrito antes, tiende no sólo a impedir que los velos se peguen a la pared en la apertura valvular, sino también a empujarlos centrípetamente hacia la luz. También la pared arterial, a nivel de los senos de Valsalva, se relaja tras el pico máximo de presión intraórtica al que se ha visto sometida, generando un desplazamiento de sangre en su interior que empuja los velos hacia la posición de cierre.

Auscultación de las válvulas

El cierre de las válvulas produce un *ruido* que puede auscultarse con un estetoscopio. El cierre de las válvulas auriculoventiculares produce, junto con la contracción miocárdica, un *primer ruido*, «lup», y el cierre de las válvulas sigmoidas produce un *segundo ruido*, «dup». Los ruidos son generados por la vibración de las válvulas y de la sangre de alrededor provocada por los cambios de presión sanguínea. Los ruidos indican las fases del ciclo cardíaco; el primer ruido indica el comienzo de la sístole, y el segundo ruido, el comienzo de la diástole.

Los ruidos que hacen las válvulas cardíacas al cerrarse durante el ciclo cardíaco se escuchan mejor en otros puntos distintos a los de su proyección anatómica. Esto se debe a que el sonido valvular es transmitido por la corriente san-

guínea, y por tanto, las válvulas se auscultan mejor donde la corriente que las atraviesa se acerca más a la superficie torácica. De este modo, los ruidos producidos por las válvulas semilunares se transmiten en dirección de la aorta ascendente o del tronco de la pulmonar, y los producidos por las válvulas atrioventriculares se transmiten por la pared del ventrículo correspondiente. Las áreas de auscultación se aproximan bastante a los ángulos que limitan la silueta cardíaca (Fig. 15-13). El **área aórtica** se encuentra en el segundo espacio intercostal derecho cerca del esternón. El **área pulmonar** se sitúa en el segundo espacio intercostal izquierdo cerca del borde esternal. El **área tricuspídea** está sobre el apéndice xifoides y el **área mitral** se corresponde con la punta del corazón.

Los ruidos valvulares proporcionan al médico una información valiosísima sobre el funcionamiento del corazón; estos ruidos pueden ser anormales (**«chasquidos»** y **«soplos»**) e indican anomalías en el cierre, apertura o flujo de sangre a través de las válvulas. Los orificios valvulares pueden ser estrechos (**estenosis**) o las valvas que hay a su nivel no cerrar bien **(insuficiencia**). La estenosis mitral producida por la acción de bacterias sobre las valvas durante la **fiebre reumática** ha sido una de las primeras causas de patología cardíaca y de muerte hasta hace pocos años, y continúa siéndolo en numerosos países subdesarrollados.

En la actualidad, las válvulas pueden ser reemplazadas mediante **prótesis** biológicas o mecánicas que imitan sus capacidades funcionales. Las prótesis biológicas pueden ser de tejidos frescos o fijados de humanos o de animales. Entre ellas están los homoinjertos frescos de cadáveres o las bioprótesis (heteroinjertos) construidos con tejidos animales fijados y materiales sintéticos, como, por ejemplo, las bioprótesis de cerdo que son muy utilizadas. Las prótesis mecánicas, también muy empleadas, se construyen totalmente a partir de materiales inertes.

ESTRUCTURA CARDÍACA

La pared del corazón está formada, tanto a nivel de las aurículas como de los ventrículos, por tres capas: interna (endocardio), media (miocardio) y externa (epicardio).

El **endocardio** tapiza las cavidades cardíacas y entra en contacto directo con la sangre. Está formado por un endotelio que se apoya sobre una capa subendotelial de tejido conjuntivo rico en fibras elásticas y colágenas. Una capa subendocárdica de tejido conjuntivo laxo, rico en vasos y nervios, se dispone entre el endocardio y el miocardio, y se entrelaza con la matriz de tejido conjuntivo que separa los haces miocárdicos.

El **epicardio** cubre la superficie del miocardio. Es una membrana muy delgada que pertenece a la serosa pericárdica (ver Pericardio).

El **miocardio** constituye la musculatura del corazón. Forma la capa gruesa y contráctil, sobre todo a nivel de los ventrículos. La musculatura cardíaca es de dos tipos: *a*) **musculatura de trabajo**, y *b*) **musculatura especializada en la conducción del impulso cardíaco**.

Arquitectura del miocardio

Arquitectura de las fibras musculares de trabajo

Actualmente, aún no se ha conseguido proporcionar una imagen clara y completa sobre la organización y orientación de las fibras miocárdicas, lo cual se debe en parte a que no existe el suficiente acuerdo como para satisfacer algunos conceptos fisiológicos que expliquen los cambios cíclicos en las dimensiones de las cámaras cardíacas.

Fibras auriculares

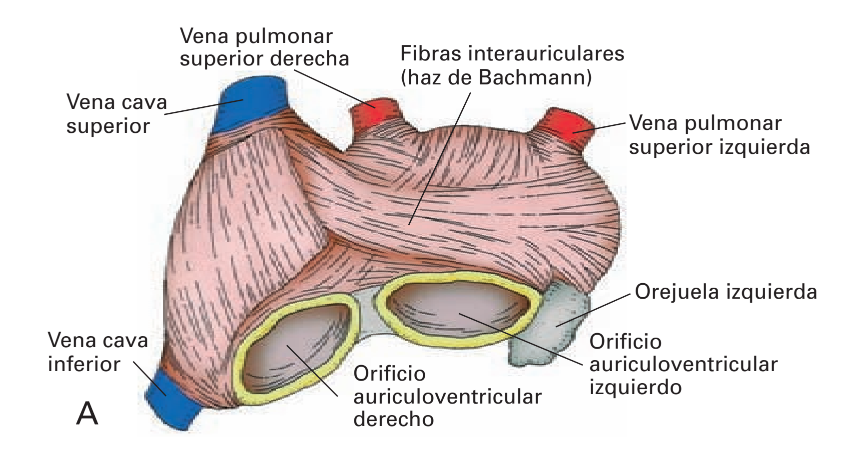
Las paredes auriculares están constituidas por un miocardio de espesor variable (Fig. 15-19). La zona de mayor grosor en la aurícula derecha es la cresta terminal y, en la izquierda, las paredes superior y posterior. Las fibras miocárdicas se superponen en dos capas (capa de *fibras subepicárdicas* y capa de *fibras subendocárdicas*) que no están separadas por láminas de tejido conectivo. Aunque es frecuente encontrar variaciones en su orientación, podemos distinguir un modelo común de disposición fibrilar. Debe señalarse que los miocitos auriculares sintetizan una sustancia de naturaleza peptídica (atriopeptinas), en especial el *péptido natriurético auricular humano* (α-ANP), el cual se segrega como respuesta a la distensión de la pared auricular por un aumento del volumen de sangre. Tiene efectos diuréticos, y se encuentra también en los vasos sanguíneos, el pulmón, la médula suprarrenal y el sistema nervioso central.

Capa superficial o subepicárdica

Las fibras subepicárdicas tienden a disponerse en sentido horizontal y paralelas al surco auriculoventricular. Distinguimos fibras interauriculares y fibras propias de cada aurícula (Figs. 15-19 y 15-20).

Las *fibras interauriculares (haz de Bachmann*) son más nítidas en la cara anterior de las aurículas. Se originan en la unión entre la vena cava superior y la aurícula derecha, se extienden por la cara anterior de ambas aurículas cruzando el surco interauricular anterior. En la proximidad de la orejuela izquierda las fibras se dividen en dos ramas que, tras abrazar la unión entre orejuela y aurícula, se reúnen de nuevo sobre la parte posterior de la aurícula para terminar en el surco interauricular posterior. En la cara posterior de la aurícula derecha se encuentra el *haz intercavas*. Son fibras entre las dos venas cavas que se extienden desde el surco interauricular posterior al surco terminal; luego corren sobre la cara lateral de la aurícula derecha extendiéndose como una fina lámina sobre los músculos pectíneos.

En las paredes superior y posterior de la aurícula izquierda encontramos *fibras longitudinales* u *oblicuas*: se originan del surco interauricular anterior, profundas al



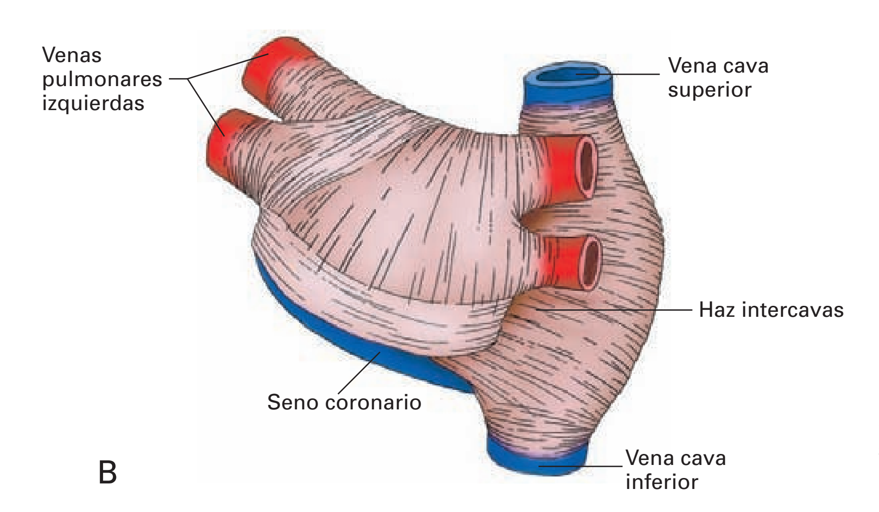


Figura 15-19. Representación esquemática de la disposición de las fibras musculares subepicárdicas sobre la cara anterior (A) y posterior (B) de las aurículas.

haz de Bachmann; a nivel de las venas pulmonares, estas fibras tienden a rodear los orificios y extenderse en forma de *anillos musculares circulares*. Recientemente se ha observado que la mayoría de focos espontáneos que inician un tipo de arritmia cardíaca, la fibrilación auricular paroxística, se producen en estos manguitos musculares que rodean la porción proximal de las venas pulmonares.

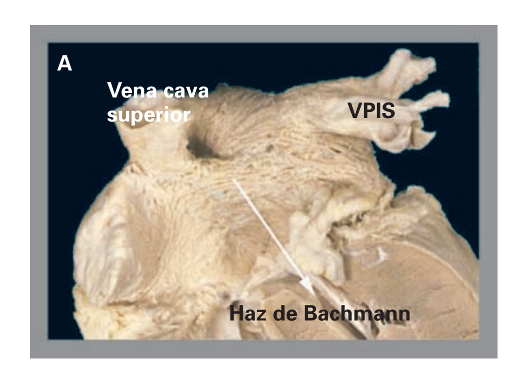
Capa profunda o subendocárdica

En la aurícula derecha distinguimos tres tipos de fibras por su orientación (Fig. 15-21). Unas son longitudinales sobre la cresta terminal, los músculos pectíneos y la orejuela. Otras se dirigen hacia la pared septal a lo largo de la fosa oval donde se disponen de forma circular. Finalmente, otras fibras, originadas en la cresta terminal, discurren por la parte inferior de la aurícula caudales al orificio de la vena cava inferior; el patrón más común es que algunas de ellas rodeen el orificio del seno coronario mientras que otras pasen por el vestíbulo de la válvula tricúspide en dirección al *triángulo de Koch*. Se ha sugerido que la variabilidad en la disposición de estas fibras a nivel del *triángulo de Koch* podría ser uno de los factores que influencian la ruta de los impulsos eléctricos desde el nodo sinusal al auriculoventricular.

En la aurícula izquierda encontramos, a nivel de la cara anterior, un entrecruzamiento de fibras oblicuas procedentes del surco interauricular anterior y de fibras longitudinales que se originan del vestíbulo de la válvula mitral; estas fibras, cuando llegan a las paredes superior y posterior, se confunden con las fibras subepicárdicas. Existen también abundantes fibras circulares en torno a los orificios venosos que se entremezclan con las fibras subepicárdicas y a nivel de la fosa oval.

Interconexiones auriculares

Las dos aurículas están conectadas anatómica y eléctricamente por el *haz de Bachmann*, las fibras del anillo muscular de la fosa oval, pequeños puentes fibrosos subepicárdicos a nivel del surco interauricular anterior y puentes a nivel del seno coronario. Estas interconexiones tienen un gran interés clínico pues, para el tratamiento de ciertas arritmias (como la fibrilación auricu-



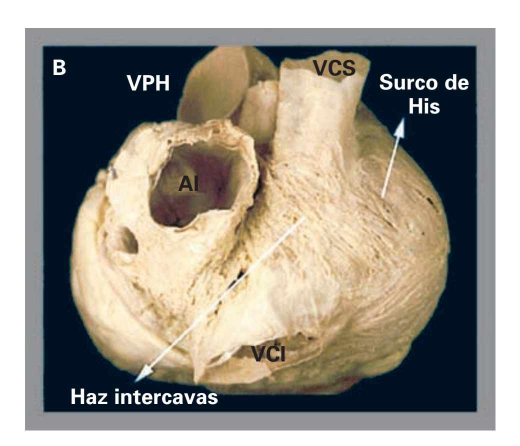


Figura 15-20. Disección de las fibras musculares subepicárdicas de las aurículas. (A) Visión anterior. (B) Cara posterior de la aurícula derecha. El haz de Bachmann es un fascículo de fibras musculares horizontales situado sobre la cara anterior de las aurículas. VPIS, vena pulmonar izquierda superior. VCS, vena cava superior. VCI, vena cava inferior. AI, aurícula izquierda.

lar crónica) empleando la cirugía o la ablación mediante aplicación de radiofrecuencia, es preciso eliminar estas conexiones para aislar ambas aurículas e interrumpir la fibrilación.

Existe una estrecha relación entre la arquitectura de las fibras musculares y la contracción auricular. Durante la sístole auricular se produce un movimiento de ascenso de los anillos auriculoventriculares, siendo el ascenso del anillo tricuspídeo mayor que el del mitral, que podría reflejar la mayor cantidad de fibras longitudinales de la aurícula derecha. Se ha sugerido que fibras horizontales del *haz de Bachmann* en estrecha relación con la pared posterior de la aorta podrían ser la causa del movimiento hacia atrás de la pared aórtica, favoreciendo el mecanismo de su apertura valvular y la reducción del eje anteroposterior durante la sístole auricular.

Fibras ventriculares

La arquitectura de las fibras musculares en el interior de la masa ventricular es más compleja que en el caso de las aurículas (Figs. 15-22 y 15-23). Podemos distinguir tres capas de fibras musculares: *superficial (subepicárdica), media* y *profunda (subendocárdica).* La distinción entre una capa y la siguiente se realiza atendiendo al cambio de orientación de las fibras musculares en el espesor de la pared ventricular, sin que se observen planos de clivaje o tabiques de tejido conjuntivo entre las capas, a través de los cuales podamos diferenciar cada una de ellas. Las capas superficial y profunda se encuentran en los dos ventrículos, mientras que la capa media sólo está presente en el ventrículo izquierdo.

Capa superficial (subepicárdica)

La capa superficial está constituida por fibras que pasan desde la base del corazón, a nivel de los anillos fibrosos, hacia el vértice, extendiéndose desde un ventrículo al otro, formando una capa común. En el vértice, las fibras superficiales se invaginan en una disposición típicamente espiroidea, para continuarse con la capa profunda o subendo-

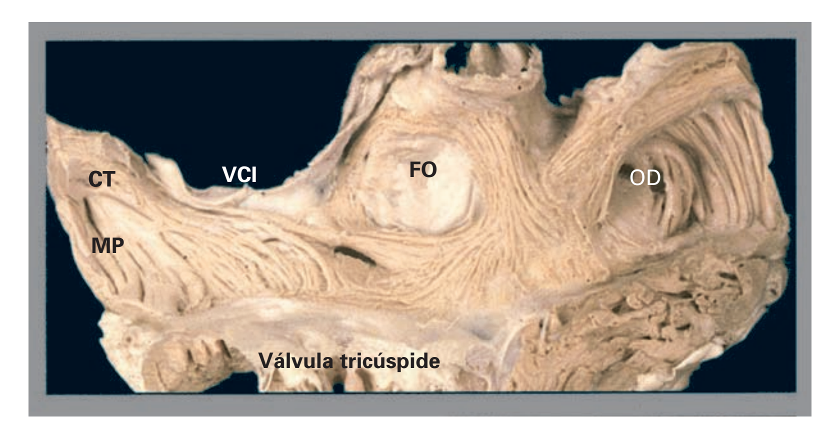


Figura 15-21. Cavidades auriculares abiertas a modo de libro para mostrar las fibras subendocárdicas. En la aurícula derecha las fibras tienen un trayecto longitudinal, a través de la cresta terminal y los músculos pectíneos, con dirección al orificio del seno coronario. Las fibras se disponen en forma circular alrededor de la fosa oval. CT, cresta terminal. MP, músculos pectíneos. VCI, vena cava inferior. FO, fosa oval. OD, orejuela derecha.

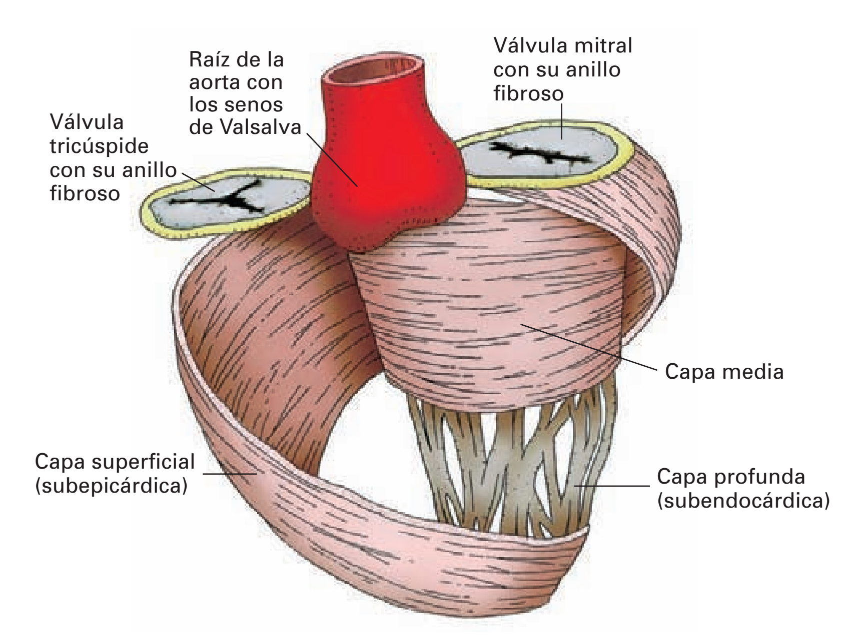


Figura 15-22. Representación esquemática de la disposición de las fibras miocárdicas ventriculares.

cárdica. Las fibras cruzan de forma oblicua los surcos interventricular anterior y posterior del corazón, aunque son más horizontales las fibras que se sitúan sobre el ventrículo derecho que las que se sitúan sobre el izquierdo.

Capa media

Solamente el ventrículo izquierdo posee una capa media. Las fibras de la capa media están orientadas más horizontalmente (casi circulares) que las de la capa superficial. Es una capa más gruesa en el ecuador del ventrículo y se adelgaza progresivamente a medida que nos acercamos a los extremos basal y apical. En el extremo apical, la capa media rodea una pequeña apertura a través de la cual las fibras de la capa superficial pasan a ser subendocárdicas. En el extremo basal, la capa media tiene una apertura mucho más extensa y en forma circular o elíptica, debido a que sus fibras no se insertan ni en el anillo mitral ni en el aórtico.

Capa profunda (subendocárdica)

La capa subendocárdica está constituida por fibras preferentemente de orientación longitudinal, las cuales proceden de la capa superficial que se invagina a nivel de los vértices derecho e izquierdo de los ventrículos. Desde estos vértices se dirigen hacia los músculos papilares ventriculares, a los orificios auriculoventriculares, a los orificios arteriales (tronco de la pulmonar y de la aorta) y, por último, a la porción membranosa del tabique interventricular.

El espesor de la masa muscular depende de la edad, manteniéndose el espesor relativo de cada capa casi constante. La capa media ocupa casi el 60 % del espesor de la pared, la superficial el 25 % y la profunda el resto.

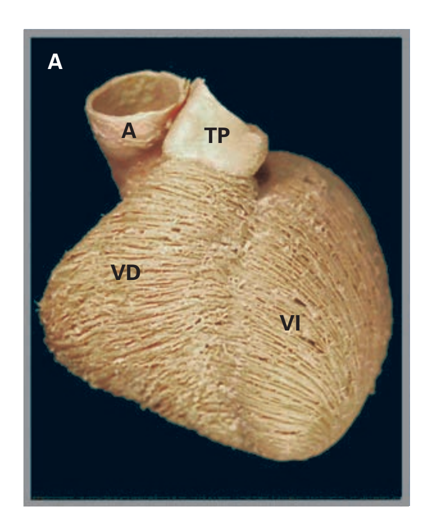
La oblicuidad de las fibras de la capa superficial varía con la edad, lo que podría reflejar un mecanismo de adaptación del corazón a las demandas funcionales a través de la vida.

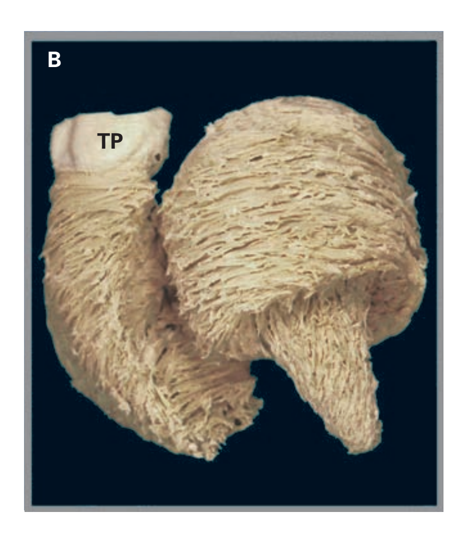
La capa media es mucho más gruesa en casos de hipertrofia ventricular izquierda, alcanzando casi el 80 % del espesor de la masa ventricular, si bien se sigue conservando la orientación de las fibras. En algunos casos de hipertrofia del ventrículo derecho consecuente con ciertas malformaciones congénitas (como en la **tetralogía de Fallot**), se ha observado una capa media de fibras de orientación circular en el ventrículo derecho.

Desgraciadamente no se ha llegado aún a una correlación global entre los detalles arquitectónicos del miocardio y la dinámica de la actividad cardíaca, a no ser en lo que se refiere a los niveles más generales. La existencia, aceptada por la mayoría de los autores, de caminos de fibras de una oblicuidad variable, desde casi circulares a casi longitudinales, en el espesor de la masa ventricular, proporciona al menos la potencia necesaria para reducir las cavidades ventriculares en todas las direcciones del espacio. Asimismo, la existencia de fibras longitudinales que entran en los músculos papilares también proporciona un mecanismo integrado entre las válvulas auriculoventriculares y los cambios cíclicos en las dimensiones longitudinales de los ventrículos.

Arquitectura del tejido conectivo intramiocárdico

Desde el epicardio al endocardio, y desde los orificios de las grandes venas a las raíces de los troncos arteriales, los espacios intercelulares entre las células contráctiles de trabajo y las especializadas del tejido de conducción están ocupados por tejido conectivo que forma **la matriz car-**





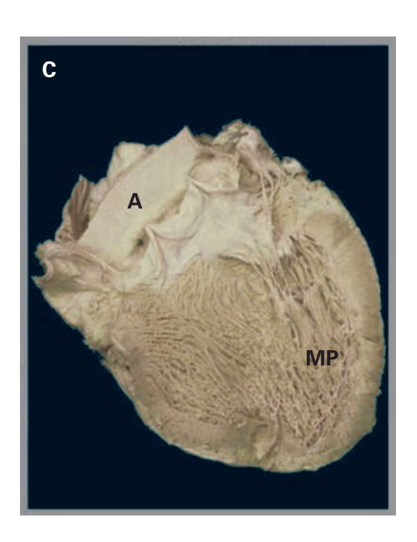


Figura 15-23. Disecciones que muestran las distintas capas del miocardio ventricular. (A) Capa subepicárdica o superficial común sobre la cara anterior de los ventrículos. (B) La masa ventricular derecha ha sido separada de la izquierda. Obsérvese en el ventrículo izquierdo la capa media con una orientación circular y la capa profunda con una orientación longitudinal. (C) Disección de la capa subendocárdica o profunda del ventrículo izquierdo. A, aorta. TP, tronco pulmonar. VD, ventrículo derecho. VI, ventrículo izquierdo. MP, músculo papilar.

díaca intersticial. Esta matriz conectiva desempeña un papel relevante en el mantenimiento del tamaño y la forma del corazón.

Se distinguen en esta matriz, según su disposición arquitectónica, dos tipos claramente definidos: el denominado **esqueleto fibroso del corazón** (ya descrito con el aparato valvular cardíaco) y las **redes de matriz extracelular**, que se constituyen en el resto de las paredes miocárdicas.

Redes de matriz extracelular

Las redes de matriz extracelular están constituidas fundamentalmente por fibras de colágeno, pero también de reticulina y elastina, que se organizan jerárquicamente en tres niveles diferentes: endomisio, perimisio y epimisio (Figs. 15-24 y 15-25). El *endomisio* es una red de colágeno que reviste a cada uno de los miocitos y se extiende, además, en forma de tractos fibrilares entre ellos o entre un miocito y un capilar sanguíneo, desapareciendo tan sólo los discos intercalares. Grupos de miocitos o trabéculas miocárdicas o están revestidos, a su vez, por la red de *perimisio*, existiendo tractos conectivos que conectan entre sí las redes de perimisio. Por último, el *epimisio* es la red situada profundamente con respecto al epicardio o al endocardio del corazón, y a su vez, está interconectado con las redes de perimisio.

Las redes cumplen diversas funciones: *a*) distribuyen y coordinan la fuerza de contracción de las fibras musculares de trabajo; *b*) son un factor determinante en la relajación del miocardio; manteniendo la forma del corazón durante la diástole cardíaca; *c*) al disponerse de forma radial entre los miocitos y los capilares sanguíneos, mantiene abiertos estos últimos durante la sístole cardíaca; y *d*) participa en la distribución y coordinación del estímulo eléctrico a lo largo de las paredes del miocardio, contribuyendo a la eficaz sucesión de los distintos acontecimientos del ciclo cardíaco.

Existen evidencias morfológicas y funcionales de que el incremento o la degradación de la matriz extracelular producen graves alteraciones en las propiedades mecánicas de la dinámica cardíaca. En algunas enfermedades, se produce un incremento del colágeno intersticial que provoca un remodelado de las redes de la matriz y la aparición de cicatrices microscópicas (**fibrosis**) en el espesor del miocardio. En casos de infarto de miocardio o en procesos inflamatorios, se activa la enzima colagenasa, provocando la ruptura del colágeno fibrilar y la alteración de las redes de matriz, lo que trae como consecuencia una dilatación ventricular y un adelgazamiento de las paredes cardíacas.

Sistema de conducción

Además de la musculatura de trabajo, el corazón dispone de un sistema de fibras musculares especializadas para dirigir su contracción (Fig. 15-26). Este sistema genera el impulso cardíaco (potencial de acción) y lo conduce a las diferentes partes del miocardio, para asegurar la contracción de aurículas y ventrículos con la debida sucesión y ritmo durante el ciclo cardíaco. El tejido de conducción tiene actividad automática, pues sus células son capaces de autoexcitarse y generar un estímulo bioeléctrico. En realidad, todos los tipos de células musculares cardíacas son excitables, pero la frecuencia de despolarización y repolarización rítmica está desarrollada en grado muy diferente en los diversos tipos de fibras musculares. Es más lenta en el miocardio ventricular, intermedia en el miocardio auricular y más rápida en las células especializadas.

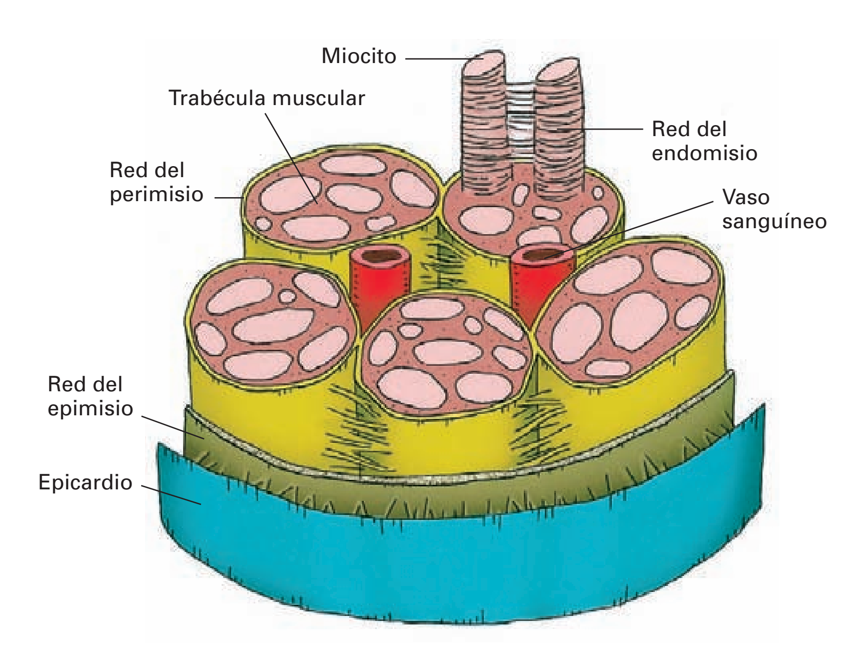


Figura 15-24. Esquema de la disposición de las redes de la matriz extracelular en diferentes niveles.

Las células musculares de este tejido especializado se diferencian de las restantes fibras musculares de trabajo en que son células más pequeñas, con pocos miofilamentos y discos intercalares, carecen de túbulos T y su citoplasma posee abundante glucógeno. Además, se disponen en cúmulos, formando nódulos, o en redes irregulares.

El sistema de conducción consta de las siguientes estructuras:

1) **Nódulo sinusal.**
2) **Nódulo auriculoventricular.**
3) **Fascículo auriculoventricular.**
4) **Red subendocárdica terminal.**

Junto a estos elementos fundamentales, se comentará el problema de las vías interauriculares e internodales y los tractos accesorios.

1) **Nódulo sinusal** (*nódulo sinoatrial, sinoauricular* o *de Keith-Flack*)[19]

Es el marcapasos del corazón, pues inicia el estímulo eléctrico del corazón generando entre 60 a 90 potenciales de

[19] Descrito por primera vez en 1907 por el anatomista y antropólogo británico Arthur Keith (1866-1955) y el fisiólogo, también británico, Martin Flack (1882-1931).





Figura 15-25. Disposición espacial de las redes del perimisio (A) y del endomisio (A y B). Microscopía electrónica de barrido tras digerir las fibras musculares con sosa o potasa. Obsérvese el armazón de tejido conectivo, que se asemeja a un panal de abejas en el que están inmersos los miocitos y las trabéculas musculares. (A) × 250. (B) × 1300.

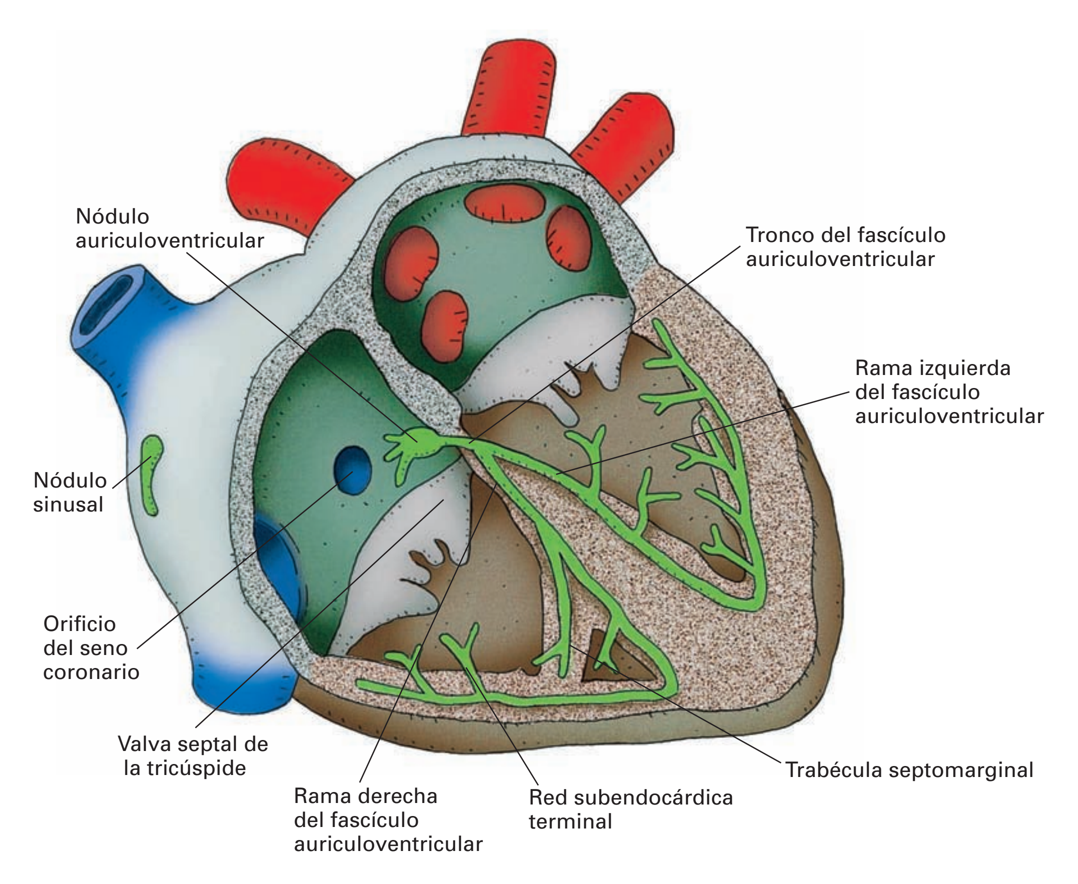


Figura 15-26. Esquema del sistema de conducción del corazón.

acción por minuto en el adulto. En el niño pequeño el ritmo sinusal es mayor.

Está situado en la pared externa de la aurícula derecha; es subepicárdico, por debajo de la grasa, en la mayor parte de su recorrido, salvo en su extremo inferior, que se hace subendocárdico. Tiene forma de coma, se extiende por el surco terminal desde la unión entre la aurícula y la vena cava superior hasta el orificio de la vena cava inferior. Es más ancho por arriba (3 mm de ancho y 1-2 mm de espesor) que por abajo. En un 10 % de la población no se continúa hacia abajo por el surco terminal, sino que forma una herradura alrededor del orificio de la vena cava superior. La terminación de la arteria que lo irriga sirve de referencia para localizarlo, pues el nódulo se organiza en torno a la arteria (Fig. 15-27).

Se compone de pequeñas células nodales densamente agrupadas en forma de haces entretejidos, sin ninguna ordenación espacial, todo ello inmerso en una densa matriz de tejido conectivo. En los bordes del nódulo hay una clara diferenciación entre las células nodales y las del miocardio de trabajo, con una mínima zona de transición entre los dos. La frecuencia del latido cardíaco puede aumentar (**taquicardia**) o lentificarse (**bradicardia**). La fiebre aumenta el metabolismo de las células del nódulo sinusal y produce un aumento de la frecuencia cardíaca.

2) **Nódulo auriculoventricular** (*nódulo atrioventricsular, nódulo de Tawara*)[20]

El nódulo auriculoventricular está situado en la parte inferior del tabique interauricular, en el espacio denominado *triángulo de Koch* (véase Aurícula derecha). Consta de una parte compacta y dos extensiones o cuernos, y recibe los impulsos de las fibras musculares auriculares. El nódulo auriculoventricular tiene un ritmo automático de 40-60 ciclos por minuto.

El nódulo compacto tiene forma semioval, con una longitud de 3-6 mm, un espesor de 0.5-1.5 mm y una anchura de 3-6 mm, con su superficie apoyada sobre el cuerpo fibroso central. Su superficie convexa mira hacia el endocardio de la aurícula derecha, del que está separado por el miocardio auricular de trabajo. Hacia el orificio del seno coronario, el nódulo posee las denominadas extensiones inferiores o cuernos, que son prolongaciones de su masa compacta, las cuales se encuentran muy próximas, en profundidad, al endocardio de la aurícula de-

[20] Descrito por primera vez en 1906 por el patólogo japonés Sunao Tawara (1873-1952).

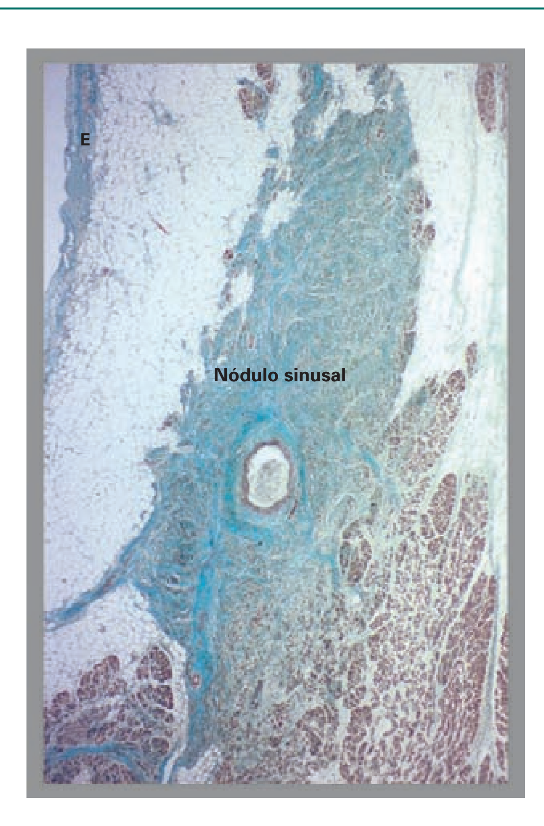


Figura 15-27. Sección histológica del nódulo sinusal. Obsérvense los miocitos inmersos en una densa matriz de tejido conectivo.

recha y al velo septal de la válvula tricúspide. En el vértice del triángulo de Koch, el nódulo penetra en el interior del cuerpo fibroso central, continuándose con el fascículo de His. Las células nodales están entrelazadas y rodeadas de una matriz de tejido conectivo, aunque menos llamativa que la del nódulo sinusal, y, además, su arteria no suele estar en el centro del nódulo como en el nódulo sinusal. Entre las células nodales y las del miocardio de trabajo auricular existe una zona de células de transición, por la cual le llega información del resto del tejido auricular. El nódulo, aunque en el interior del triángulo de Koch, no siempre ocupa el mismo lugar, ni posee la misma longitud en sus extensiones o cuernos, lo que tiene gran importancia a la hora de realizar una ablación mediante radiofrecuencia, como en los casos de pacientes con taquicardia supraventricular, debido a la posibilidad de producir un bloqueo del nódulo auriculoventricular y condenar al paciente a usar un marcapasos artificial durante toda la vida.

3) **Fascículo auriculoventricular** (*haz de His*)[21]

El fascículo auriculoventricular continúa el nódulo auriculoventricular y consta de un tronco y dos ramas. Está envuelto en una vaina de tejido conectivo y grasa, que facilita su aislamiento y disección.

El **tronco** es un cordón estrecho con una morfología diversa, unas veces oval, otras cuadrangular o triangular. Sus células son muy parecidas a las del nódulo auriculoventricular. Se dirige hacia delante, atraviesa el trígono fibroso derecho, quedando aislado, a partir de aquí, de fibras auriculares aferentes, y aborda la porción membranosa del tabique interventricular discurriendo por su borde posteroinferior en íntima relación con la valva septal de la tricúspide; al llegar a la porción muscular del tabique, se divide en una rama derecha y otra izquierda, semejando las piernas de un jinete que cabalga sobre el tabique. Cuando se observa el punto de origen de la ramificación del fascículo auriculoventricular desde el tracto de salida de la válvula aórtica, éste se encuentra por debajo de la comisura, entre los velos derecho y no coronario (posterior) de la válvula aórtica.

La **rama derecha** desciende bajo el endocardio de la cara derecha del tabique interventricular, situándose en el espesor de la trabécula septomarginal hasta la base del músculo papilar anterior.

La **rama izquierda** es en realidad una radiación de fibras que descienden en cascada bajo el endocardio de la cara septal del ventrículo izquierdo. Poco después de originarse, se divide en tres cintillas, anterior, septal y posterior, las cuales se dirigen hacia la base de los músculos papilares del ventrículo izquierdo (Fig. 15-28).

4) **Red subendocárdica terminal** (*fibras de Purkinje*)[22]

Esta red continúa, sin transición, las ramas del fascículo auriculoventricular en las bases de los músculos papilares, pues está formada por los mismos miocitos de Purkinje que constituyen éste. Las fibras discurren hacia las bases ventriculares, distribuyéndose por todas las paredes de los ventrículos. En el hombre y en el cerdo carecen de envoltura conectiva, pero en otros vertebrados, como la oveja y la vaca, no.

Las fibras del fascículo auriculoventricular y de la red subendocárdica terminal son mayores que las fibras miocárdicas normales, aunque se diferencian muy poco de aquéllas; conducen a mayor velocidad (1.5 a 4 m/s), por lo que provocan una contracción inmediata de todo el ventrículo. El contacto funcional entre las fibras ventriculares de conducción especializada y las fibras ventriculares de trabajo se produce solamente cuando pierden su cubierta aislante, es decir, en la red subendocárdica terminal. La disposición de estas fibras hace que la contracción ventricular comience en los músculos papilares y se dirija hacia las bases, y que también se contraiga primero la musculatura subendocárdica que la más superficial o subepicárdica.

[21] Wilhelm His (1831-1904), anatomista suizo, realizó importantes contribuciones sobre las fibras nerviosas y el desarrollo del embrión humano. Inventó el micrótomo, instrumento básico de la histología.

[22] Jan Purkinje (1787-1869), médico checo, realizó notables contribuciones en el estudio del sistema nervioso. Descubrió las células del cerebelo que llevan su nombre.



Figura 15-28. Superficie endocárdica del ventrículo izquierdo con la rama izquierda del fascículo auriculoventricular después de inyectar con tinta china el espacio entre la lámina de tejido conectivo y la rama. Obsérvese cómo la rama izquierda se divide en tres cintillas, las cuales se ramifican formando la red subendocárdica de Purkinje. MP, músculo papilar. VI, ventrículo izquierdo.

Vías interauriculares e internodales

La existencia de vías específicas de transmisión del impulso cardíaco entre el nódulo sinusal y el nódulo auriculoventricular sigue siendo un tema controvertido. Una cuestión de gran importancia morfológica y funcional es cómo la excitación generada en el nódulo sinusal alcanza el nódulo auriculoventricular y si existe un tejido de conducción especializado internodal. Aunque a principios del siglo XX diversos autores informaron de la existencia de haces especializados que conectaban los dos nódulos, no se ha llegado a confirmar posteriormente la existencia de tales haces. Actualmente, al menos en los seres humanos, se desestima la idea de la existencia de tractos especializados internodales y vías especializadas de conducción interauricular, entre otras cosas porque muchos autores no las han observado histológicamente, y sugieren que es la disposición geométrica de los orificios de las aurículas y la disposición anisotrópica de las fibras musculares en el espesor de las paredes las que hacen que exista una ruta preferencial en la conducción del estímulo eléctrico desde el nódulo sinusal al auriculoventricular y hacia la aurícula izquierda.

Estudios electrofisiológicos han puesto de manifiesto que la disposición paralela de las fibras musculares fomenta la conducción rápida y que la disposición entrecruzada (anisotrópica) fomenta la conducción lenta. Dentro de la aurícula derecha, los haces que presentan una disposición paralela de sus fibras son: la cresta terminal, el anillo muscular de la fosa oval y las fibras que desde la cresta terminal se disponen alrededor del orificio del seno coronario. La ruta de activación hacia la aurícula izquierda la constituyen el anillo muscular de la fosa oval, sobre todo, el *haz de Bachmann* y los pequeños haces musculares que, desde la pared posterior de la aurícula izquierda, cubren el seno coronario y se dirigen a la aurícula derecha.

Funcionamiento

En condiciones normales, el nódulo sinusal, debido a que tiene un ritmo intrínseco superior a los demás componentes del sistema de conducción, genera el impulso cardíaco y lo transmite hacia el nódulo auriculoventricular a través del miocardio auricular ordinario. El impulso pasa al haz de His y a la red terminal de Purkinje, que termina sobre las fibras miocárdicas y provoca su contracción.

El sistema de conducción está inervado por fibras vegetativas parasimpáticas y simpáticas (véase más adelante) que, en determinadas condiciones, modifican el ritmo de generación del impulso cardíaco.

La conducción del impulso cardíaco puede alterarse dando origen a manifestaciones clínicas de **arritmia** (alteraciones del ritmo cardíaco) o de **bloqueo** de la conducción. Puede suceder, por ejemplo, que otra parte del sistema tome el mando de la contracción, convirtiéndose en un marcapasos ectópico; en esta situación, la secuencia de la contracción cardíaca se altera. En los últimos años, la manipulación quirúrgica del corazón es también un factor que provoca bloqueos de la conducción, pues incluso una sutura mal puesta puede lesionar la vía de conducción.

Los trastornos del ritmo pueden obligar a implantar **marcapasos artificiales**. Consisten en un generador, que se implanta bajo la piel del tórax, y un cable con dos electrodos, que se colocan generalmente en el endocardio del ventrículo derecho; el cable es introducido por vía venosa a través de la vena subclavia. El marcapasos produce una corriente de unos 1.5 V y se programa al ritmo deseado.

Tractos accesorios. En ocasiones, pueden observarse haces aberrantes de tejido de conducción relacionados con la aparición de trastornos del ritmo cardíaco. El **síndrome de Wolff-Parkinson-White** se caracteriza por la existencia de una o varias vías accesorias que conectan, a modo de puente, el miocardio auricular con el ventricular en algunos puntos alrededor de la unión auriculoventricular. El estudio histo-

lógico de estas vías muestra que están constituidas por fibras musculares de trabajo normal.

INERVACIÓN DEL CORAZÓN

El corazón está inervado por el sistema **parasimpático**, mediante los **nervios cardíacos del vago**, y por el simpático, mediante los **nervios cardíacos de la cadena simpática**. La acción de estos nervios sobre el sistema de conducción, la musculatura cardíaca y la fibra lisa de los vasos coronarios controla, respectivamente, la frecuencia cardíaca, la fuerza de contracción del miocardio y el tono de los vasos coronarios. Además, estos nervios transportan fibras sensitivas aferentes de carácter general y del dolor.

Los nervios cardíacos del vago son las **ramas cardíacas cervicales superiores, inferiores** y **torácicas**; contienen fibras parasimpáticas preganglionares originadas en el núcleo dorsal del vago del tronco del encéfalo. Los nervios cardíacos simpáticos proceden de la cadena cervical (**nervios cardíacos cervicales superior, medio** e **inferior**) y de los ganglios II a IV de la cadena torácica (**ramas cardíacas torácicas**); contienen fibras posganglionares originadas en estos ganglios cervicales y torácicos. Las fibras preganglionares simpáticas tienen su origen en la porción T1 a T5 del núcleo simpático medular.

En las proximidades del corazón, los nervios cardíacos del vago y del simpático se entremezclan en el **plexo cardíaco**, una maraña nerviosa situada por fuera del saco pericárdico, a los lados y por debajo del cayado de la aorta, por encima de la bifurcación de la arteria pulmonar y por delante de la bifurcación traqueal. De esta red nerviosa salen fibras que, directamente o, sobre todo, acompañando a las arterias coronarias, alcanzan el corazón. Las fibras parasimpáticas preganglionares establecen sinapsis previamente sobre microganglios situados en las paredes de las aurículas o en el trayecto de las arterias coronarias; de estos microganglios salen fibras posganglionares muy cortas. Algunos ganglios parasimpáticos pueden encontrarse en el plexo cardíaco.

Los nervios parasimpáticos terminan sobre todo en las paredes auriculares, el nódulo sinusal y el nódulo auriculoventricular. También inervan las arterias coronarias, si bien muy escasamente. Estas fibras liberan *acetilcolina*, y bajo su efecto producen una disminución de la frecuencia cardíaca, una ligera disminución de la fuerza contráctil y una ligera dilatación coronaria.

> Como respuesta a un dolor intenso, o a intubaciones de la tráquea o del esófago, se pueden provocar reflejos que estimulan intensamente el vago provocando una bradicardia extrema.

Los nervios simpáticos se distribuyen profusamente por las paredes cardíacas, fundamentalmente por los ventrículos y las arterias coronarias. Liberan *noradrenalina* y, bajo su efecto, producen un aumento de la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción del corazón. Sobre las arterias coronarias tienen un efecto doble, aunque predomina su acción vasoconstrictora. En los vasos coronarios hay dos tipos de receptores para la *noradrenalina*, los *receptores* α y los β. La acción de la *noradrenalina* sobre los *receptores alfa* provoca vasoconstricción y la acción sobre los *receptores beta* produce vasodilatación. En los vasos superficiales predominan los *receptores alfa* y en los vasos profundos predominan los *receptores beta*. Así, en teoría, el simpático produce tanto vasoconstricción como vasodilatación coronaria, si bien predomina claramente el primer efecto.

El vago transporta fibras **aferentes sensitivas**, que proceden de receptores de las paredes cardíacas, el cayado de la aorta y la raíz cardíaca de las grandes venas. Estas fibras son prolongaciones periféricas de neuronas del ganglio nodoso e informan al SNC de la actividad cardíaca, contribuyendo a un ajuste de la frecuencia cardíaca. Los nervios simpáticos transportan fibras **aferentes del dolor**, con excepción del nervio cardíaco cervical superior. A través de los ramos comunicantes, alcanzan los ganglios sensitivos de los cinco primeros nervios torácicos, de los que son la prolongación periférica de sus neuronas sensitivas, y luego penetran en los cinco primeros segmentos torácicos, generalmente en el lado izquierdo.

> Estos nervios transmiten el dolor de la angina de pecho y del infarto; dado que parte de la piel del tórax y del brazo izquierdo están inervadas por nervios procedentes de los segmentos T1 a T5, el dolor cardíaco es referido a estos territorios cutáneos. Debido a que en el interior de la médula las fibras aferentes izquierdas pueden, por interneuronas o colaterales comisurales, pasar al lado derecho, a veces el dolor cardíaco puede irradiarse al lado derecho o los dos lados. Las terminaciones nerviosas libres receptoras del dolor son estimuladas por algunos metabolitos producidos ante la disminución de oxígeno en el miocardio.

Relaciones del corazón. (Se describen con Mediastino medio.)

VASCULARIZACIÓN DEL CORAZÓN

ARTERIAS CORONARIAS

El corazón está irrigado por las **arterias coronarias derecha** e **izquierda**, procedentes de la porción inicial de la aorta ascendente a nivel de los senos aórticos. Su nombre se debe a que forman, en parte de su trayecto, una especie de corona de la base cardíaca (Fig. 15-29).

> Su estudio es de un gran interés en medicina, pues la obstrucción de estos vasos provoca el **infarto de**

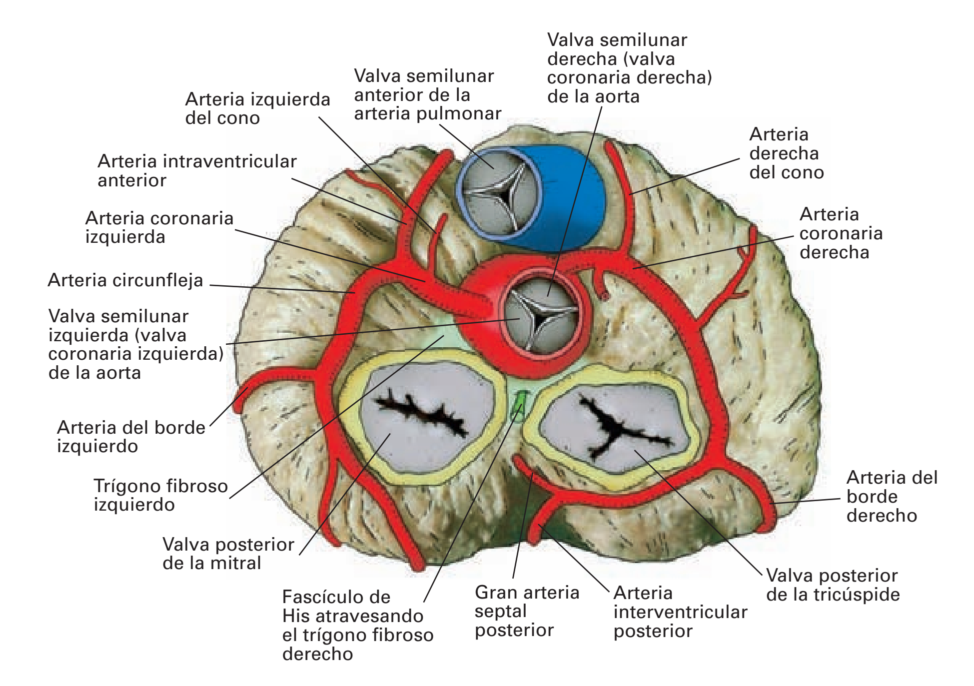


Figura 15-29. Base de los ventrículos tras seccionar las aurículas y los grandes vasos arteriales para mostrar los orificios valvulares y el origen de las coronarias. En amarillo, los anillos fibrosos de los orificios auriculoventriculares.

miocardio, que es la primera causa de muerte en el mundo occidental.

La existencia de un dispositivo circulatorio sanguíneo formado por arterias y venas en la propia pared del corazón aparece, en la evolución, en los reptiles. El corazón de los vertebrados primitivos carece de vasos; su pared muy trabeculada dispone de sinusoides que permiten el flujo de sangre directamente desde las células de la pared al interior de las cavidades.

Consideraciones generales

Las arterias coronarias tienen un trayecto sinuoso por la superficie cardíaca, lo que les da una reserva de elongación adaptable a las variaciones de tamaño que el corazón sufre durante la sístole y la diástole. En su trayecto, los troncos principales caminan por los surcos cardíacos envueltos en abundante cantidad de grasa (*bandas adiposas del corazón*); en estas bandas están acompañadas de venas, linfáticos y plexos nerviosos.

La circulación de sangre por las arterias coronarias hasta el lecho capilar tiene algunas peculiaridades condicionadas por la morfología cardíaca.

a) El flujo de sangre tiene lugar fundamentalmente durante la diástole. Esto se debe a dos razones: en primer lugar, debido al origen de las arterias a nivel de los senos aórticos, durante la sístole las válvulas semilunares se aplican sobre la pared vascular, dificultando la entrada de sangre en los orificios coronarios; en segundo lugar, durante la sístole, la contracción del miocardio dificulta el paso de sangre, lo que es especialmente cierto para el ventrículo izquierdo.

Es curioso reseñar que en los mamíferos muy veloces las coronarias nacen en posición más alta, lo que provoca un flujo sistólico que atiende mejor la gran demanda de oxígeno del corazón en un momento de gran ejercicio corporal.

b) Los vasos de la pared cardíaca no se comprimen por igual durante la contracción sistólica; el hecho de que el miocardio se comprima desde la superficie hacia el interior de los ventrículos, determina que la zona próxima al endocardio experimente una presión mayor que las zonas próximas al epicardio; de esta forma, la red vascular subendocárdica se comprime más que el resto. Los vasos más gruesos son epicárdicos y no se comprimen.

c) El flujo de sangre depende del grado de contracción de las arterias coronarias. La pared de las arterias coronarias es muy rica en fibras musculares lisas de disposición espiroidea. Estas fibras se contraen (vasoconstricción) o se relajan (vasodilatación), atendiendo las necesidades de oxígeno del miocardio o la acción reguladora del sistema nervioso vegetativo que inerva estas fibras.

d) Se ha observado que los capilares del corazón están envueltos en una capa radial de fibras colágenas que se extiende desde la basal del capilar a la basal de la fibra miocárdica. Esta disposición provoca una tracción que contribuye a que los capilares permanezcan abiertos durante todas las fases cardíacas.

Arteria coronaria izquierda (Figs. 15-29 y 15-30)

Origen. Nace del seno aórtico izquierdo, a nivel de la valva semilunar izquierda (*válvula coronaria izquierda*).

Trayecto. Se dirige hacia delante y hacia la izquierda en la depresión formada entre la orejuela izquierda y la vertiente posterior del tronco de la arteria pulmonar, alcanzando el surco coronario donde se divide en dos ramas, **la arteria interventricular anterior** y **la arteria circunfleja.** En este trayecto, está empotrada en la masa de grasa que rodea el origen de los grandes vasos arteriales.

La **arteria interventricular anterior** desciende por el surco interventricular anterior hasta la punta del corazón, donde con frecuencia da un fino ramo terminal que contornea el vértice (*arteria recurrente posterior* o *arteria apexiana posterior*) y pasa, durante un trayecto muy corto, a la cara diafragmática, pudiendo llegar a anastomosarse con ramas de la arteria interventricular posterior.

> Este vaso, en ocasiones, se encuentra rodeado de puentes de fibras miocárdicas. que generalmente no producen ningún problema clínico; excepcionalmente, se pueden originar problemas de falta de riego de una parte del corazón durante la contracción miocárdica provocando crisis de angor (dolor precordial) que obligan a seccionar por cirugía los puentes de fibras miocárdicas. Estos puentes de fibras provocan un efecto conocido en radiología como *milking*, pues el contraste que se introduce en el curso de una angiografía coronaria pasa por el vaso como si éste fuese «ordeñado» durante la sístole.

La arteria circunfleja avanza por el surco auriculoventricular izquierdo, contornea la cara pulmonar del corazón y sigue por la parte posterior del surco coronario hasta las inmediaciones del surco interventricular posterior, donde termina a una distancia variable.

Ramas colaterales. A lo largo de su trayecto la coronaria izquierda emite ramas auriculares, ramas ventriculares, ramos septales y la arteria infundibular.

Ramas auriculares. Son ramas muy finas y ascendentes (*auricular anterior derecha, auricular del borde izquierdo* y *auricular posterior izquierda)*, que se desprenden de la arteria circunfleja e irrigan las paredes de la aurícula izquierda.

Ramas ventriculares. Son ramas para las paredes ventriculares que tienen su origen en la circunfleja y en la interventricular anterior. La arteria circunfleja da la **arteria del borde izquierdo,** la cual desciende por la cara pulmonar del ventrículo. La arteria interventricular anterior da ramas cortas para la pared anterior del ventrículo izquierdo y la parte medial de la pared anterior del ventrículo derecho; con frecuencia emite la **arteria diagonal izquierda**, que desciende oblicuamente por la cara anterior del ventrículo izquierdo. La arteria diagonal izquierda puede nacer directamente del tronco coronario (37 % de los casos), constituyendo entonces *la rama media* o *rama bisectriz* de trifurcación de la coronaria izquierda.

Ramas septales. Son ramas ventriculares que se desprenden de la arteria interventricular anterior. En número aproximado de diez a quince, penetran en el tabique interventricular y vascularizan los dos tercios anteriores del mismo, incluidas las ramas derecha e izquierda del fascículo auriculoventricular. La *segunda arteria septal* da una rama que penetra en la trabécula septomarginal y vasculariza la rama derecha del fascículo de His.

Arteria izquierda del cono (arteria infundibular izquierda). Es una arteria muy fina y cubierta de grasa que nace de la parte superior de la arteria interventricular anterior, pasa por delante del tronco de la pulmonar y se anastomosa con una arteria homóloga de la coronaria derecha, formando el *anillo vascular de Vieussens*, que irriga el cono pulmonar.

Arteria coronaria derecha (Figs. 15-29 y 15-30)

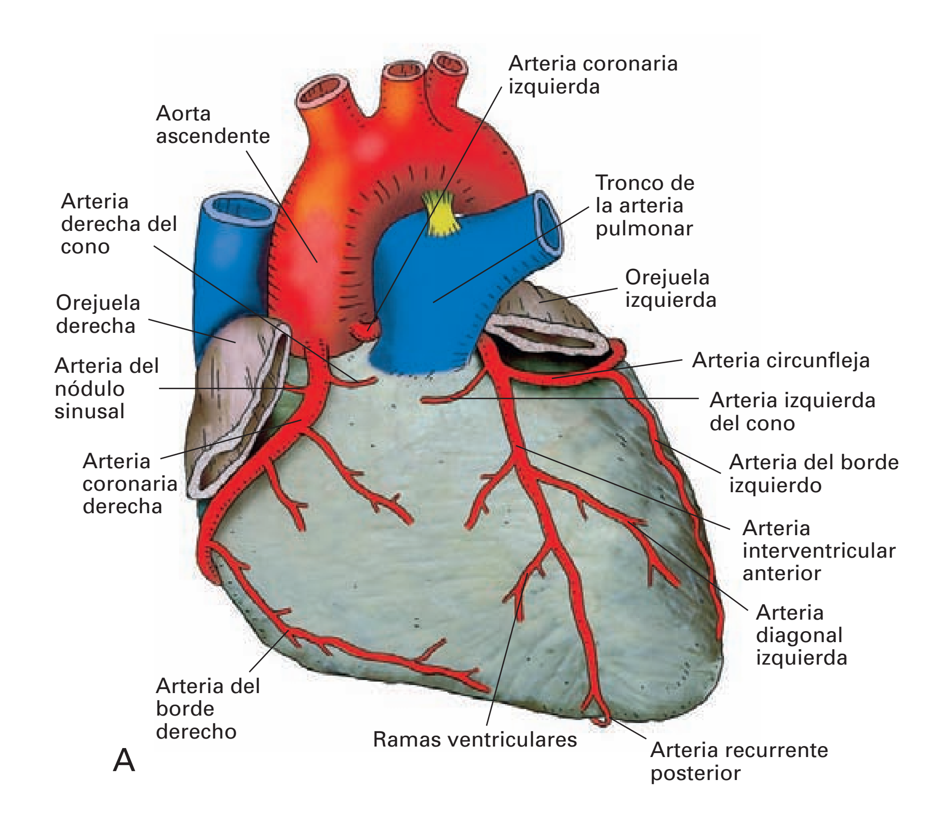
Origen. Nace del seno aórtico derecho a nivel de la valva semilunar derecha (*válvula coronaria derecha*).

Trayecto. La arteria se dirige hacia delante y hacia la derecha entre el tronco de la arteria pulmonar y la orejuela derecha, que la cubre. Alcanza el surco coronario dirigiéndose hacia el borde derecho del corazón, donde se dobla para pasar a la parte posterior del surco auriculoventricular derecho. Al llegar a la *cruz cardíaca* (confluencia del surco coronario y el surco interventricular posterior), toma el nombre de **arteria interventricular posterior** y desciende por este surco hasta las proximidades de la punta cardíaca. En ocasiones, hay dos o tres arterias interventriculares posteriores.

Ramas colaterales. A lo largo de su trayecto, la arteria coronaria derecha da ramas auriculares, ventriculares, septales y la arteria infundibular.

Ramas auriculares. Son ramas ascendentes *(auricular derecha anterior, auricular del borde derecho* y *auriculares derechas posteriores*). La *auricular derecha anterior* se desprende de la porción inicial de la arteria coronaria y se dirige hacia la cúpula de la aurícula discurriendo por la cara anterior. Da ramas para el tabique interauricular y una rama para el nódulo sinusal (**arteria del nódulo sinusal**).

Ramas ventriculares. Entre las más importantes se encuentran la **arteria del borde derecho (arteria marginal derecha)**, que desciende hasta las proximidades de la punta cardíaca, y las ramas parietales derecha e izquierdas, que se desprenden de la interventricular posterior para irrigar la cara diafragmática del ventrículo derecho y la parte medial de la cara diafragmática del ventrículo izquierdo. El más alto de los ramos parietales izquierdos es la *arteria retroventricular izquierda*, que se dirige, bajo el seno coronario, desde la cruz cardíaca hasta las proximidades de la terminación de la arteria circunfleja.



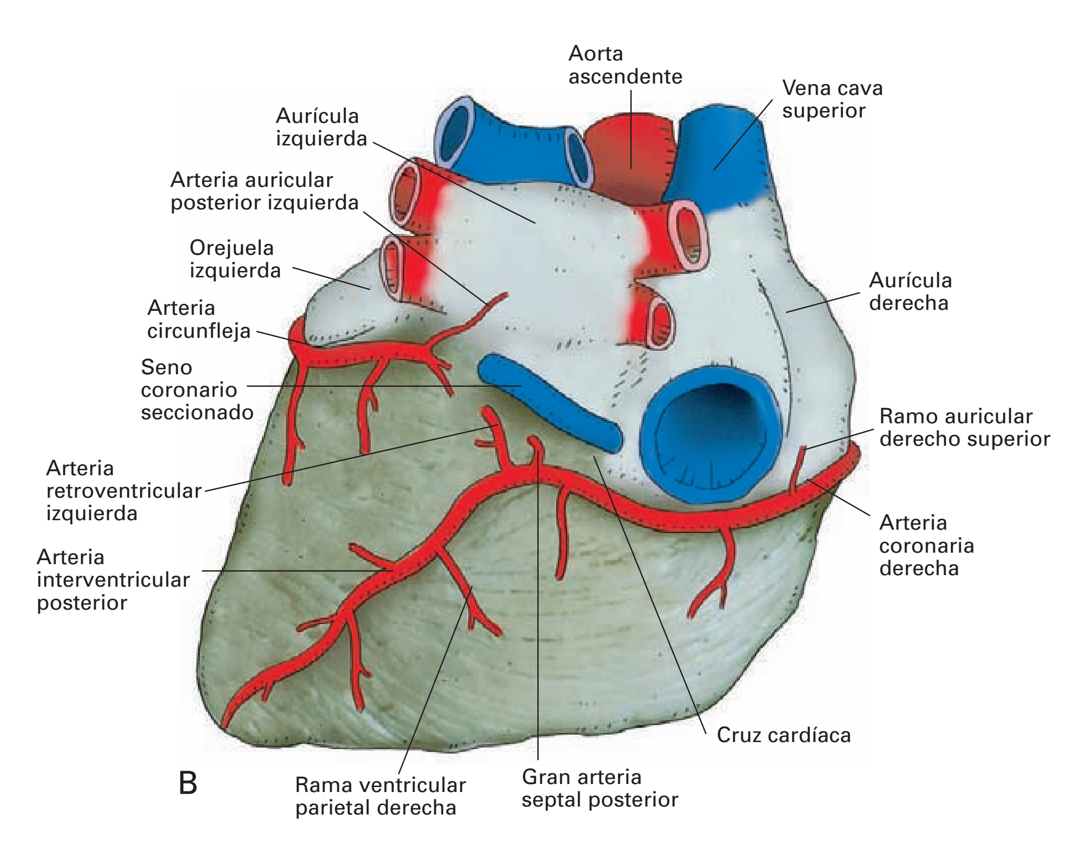


Figura 15-30. Arterias coronarias en (A) visión anterior del corazón y en (B) visión posteroinferior. Las orejuelas han sido seccionadas para dejar ver el surco coronario y el origen de las arterias. El tronco pulmonar ha sido artificialmente desplazado para observar el origen de la coronaria izquierda.

Ramas septales. Se desprenden de la arteria interventricular posterior, perforan el tabique interventricular en número de 7 a 12 e irrigan el tercio posterior del tabique. La más elevada de estas ramas septales se origina a nivel de la cruz cardíaca (**gran arteria septal posterior**) discurre por la porción membranosa del tabique, e irriga el nódulo auriculoventricular y el tronco del fascículo de His.

Rama derecha del cono (arteria infundibular derecha). Nace de la porción inicial de la arteria, muy delgada y rodeada de grasa, y se dirige hacia la izquierda por delante del origen de la arteria pulmonar, para anastomosarse a la rama izquierda del cono. En un 50 % de los casos, esta rama nace directamente del seno aórtico derecho.

Territorios vasculares

En general, puede afirmarse que la arteria coronaria izquierda irriga el corazón izquierdo y la arteria coronaria derecha irriga el corazón derecho. Sin embargo, cada coronaria contribuye también a la irrigación de alguna zona de la otra mitad.

> Conocer bien los territorios de distribución de las arterias coronarias es de gran importancia, pues en caso de oclusión de la luz vascular, por ejemplo, por enfermedad arterioesclerótica, se produce la muerte de las células de la pared cardíaca (infarto de miocardio) de una zona concreta por falta de riego sanguíneo. Dependiendo del territorio y su extensión, pueden surgir distintas complicaciones e incluso, la muerte del paciente. Los lugares más frecuentes de oclusión coronaria son: el origen de la arteria interventricular anterior, el origen del tronco coronario derecho, la porción inicial de la arteria circunfleja y el tronco coronario izquierdo.

Se diferencian territorios ventriculares, sistema de conducción y auricular.

a) *Territorios ventriculares*

Existen tres grandes patrones de distribución: predominancia derecha, predominancia izquierda y patrón intermedio (Fig. 15-31). La *predominancia derecha*, que es el que hemos descrito como patrón básico, es el que se presenta más frecuentemente (casi el 50 % de los casos). La arteria coronaria derecha vasculariza: el ventrículo derecho excepto la franja medial de la cara esternocostal, la zona medial de la cara diafragmática del ventrículo izquierdo y el tercio posterior del tabique interventricular.

La *predominancia izquierda* sucede en aproximadamente un 20 % de los casos. La arteria coronaria izquierda da la interventricular posterior e irriga el ventrículo izquierdo, las franjas mediales de las caras anterior y diafragmática del ventrículo derecho, y todo el tabique interventricular.

El *patrón intermedio* aparece en aproximadamente el 30 % de los casos. La coronaria derecha emite la interventricular posterior, pero no vasculariza nada de la cara diafragmática del ventrículo izquierdo; el tabique se vasculariza igual que en la predominacia derecha.

b) *Sistema de conducción*

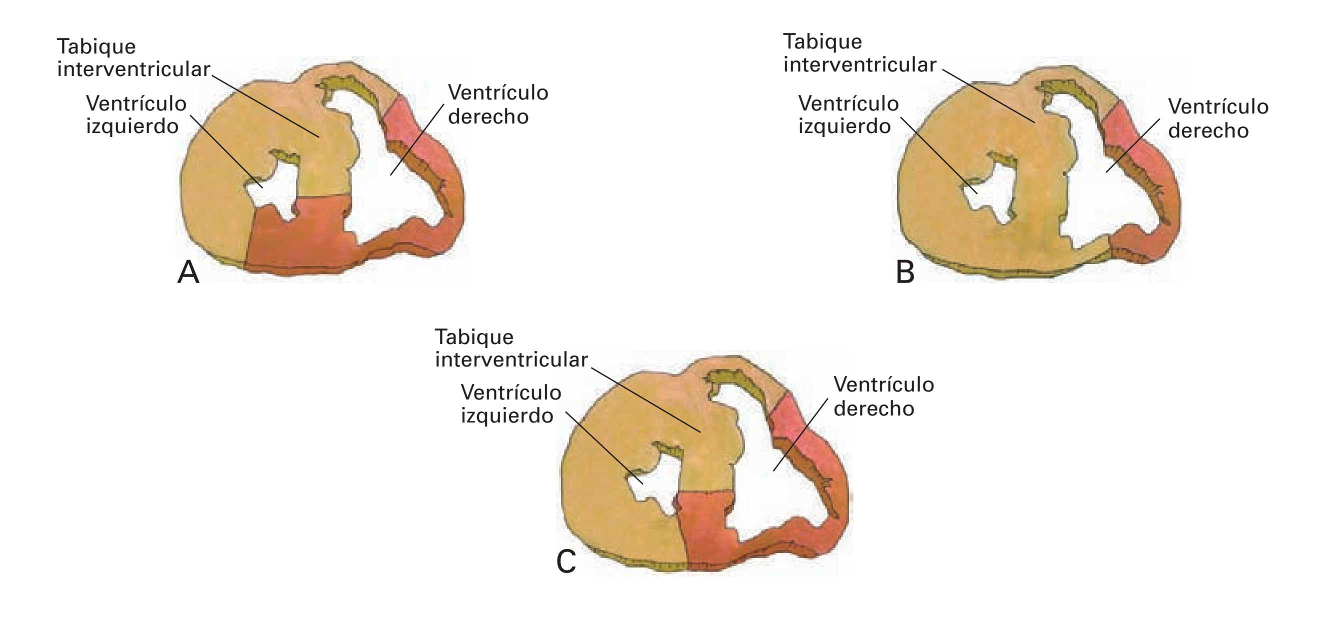
Lo más habitual es que la arteria coronaria derecha irrigue el nódulo sinusal, el nódulo auriculoventricular, el tronco del fascículo de His y la red terminal subendocárdica derecha, y la coronaria izquierda las dos ramas del fascículo de His y la red subendocárdica izquierda. La arteria del nódulo sinusal nace, en un 55-65 % de los casos, de la coronaria derecha, preferentemente de la arteria auricular anterior; en el resto de casos, la arteria se origina de la coronaria izquierda mediante la arteria auricular del borde izquierdo, que discurre por encima de los venas pulmonares izquierdas hacia el orificio de la vena cava superior. La arteria del nódulo auriculoventricular y del tronco del fascículo de His (gran arteria septal posterior) nace de la coronaria derecha en un 80-90 % de los casos; en el resto, lo hace de la coronaria izquierda, a nivel de la cruz cardíaca, cuando esta arteria emite la interventricular posterior.

c) *Territorio auricular*

En general, cada coronaria vasculariza su aurícula y el tabique. En ocasiones, se observa la *arteria anastomótica auricular magna de Kugel*, que es una rama de la auricular del borde izquierdo que se anastomosa con ramas auriculares derechas a nivel del tabique interauricular.

> En casos de obstrucción coronaria, se puede «saltar el obstáculo» quirúrgicamente, mediante la realización de puentes vasculares (pontajes) entre la aorta y el sector de la coronaria distal a la obstrucción. Los injertos utilizados para la realización de estos puentes pueden ser venosos (generalmente la vena safena interna) o arteriales (tomados de las arterias mamarias interna, gastroepiploica, radial o epigástrica). Actualmente puede introducirse un catéter en la coronaria y dilatar su luz insuflando un «globo». El catéter se introduce por la arteria femoral o humeral hasta alcanzar los orificios coronarios de la aorta ascendente, por donde se penetra a la luz coronaria.

Otras *variaciones.* Existen casos extremos en el comportamiento de las arterias coronarias: *a*) la coronaria derecha puede dar la circunfleja y vascularizar casi todo el corazón; en este caso, la coronaria izquierda queda restringida a la arteria interventricular anterior; *b*) sólo existe una coronaria que sale de un orificio único de la aorta; *c*) hay tres orificios de origen de las coronarias, el tercero es de la interventricular anterior o de la arteria del cono que nacen independientemente; *d*) una o las dos coronarias se originan en el tronco de la pulmonar.



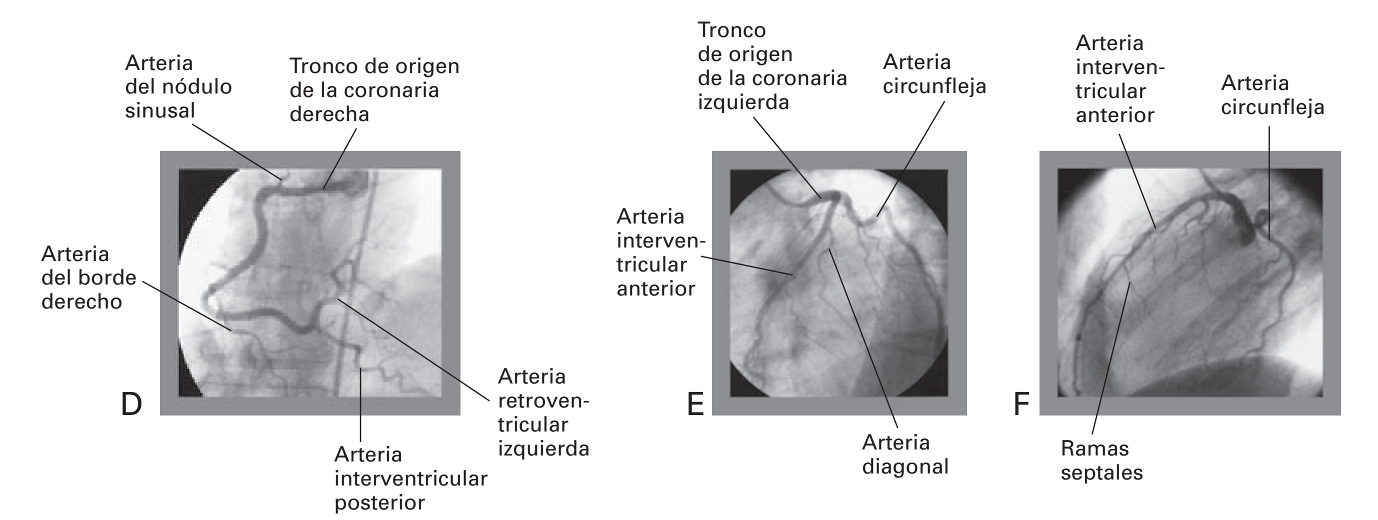


Figura 15-31. *Secciones transversales de los ventrículos* para mostrar los tres patrones de distribución de las arterias coronarias. Arteria coronaria derecha (*rojo*). Arteria coronaria izquierda (*ocre*). (A) Patrón de predominancia derecha. (B) Patrón de predominancia izquierda. (C) Patrón equilibrado. *Angiografías de las coronarias.* (D) Coronaria derecha. Proyección AP craneal. (E) Coronaria izquierda. Proyección oblicua anterior izquierda. (F) Coronaria izquierda. Proyección lateral.

Anastomosis

Las arterias coronarias presentan anastomosis en un 95 % de los casos; de ellas, la mayoría se establecen a nivel de las arteriolas. No obstante, a pesar de estas uniones, las coronarias se comportan como arterias **terminales**; cuando una arteria coronaria se ocluye bruscamente, las anastomosis no evitan que el tejido miocárdico quede sin riego sanguíneo y se provoque la necrosis (infarto) del territorio afectado. Con todo, las anastomosis pueden contribuir a mejorar la evolución clínica de un área afectada, a través de lo que se denomina circulación colateral.

Las anastomosis pueden establecerse entre ramas de una misma coronaria o entre las de las dos arterias. Se localizan bajo el endocardio (*subendocárdicas*), en el espesor del miocardio (*murales*) y en la superficie del miocardio (*subepicárdicas*).

Las anastomosis subendocárdicas más importantes se establecen entre las arterias septales anteriores y posteriores bajo el endocardio de la cara derecha del tabique interventricular. Éste es el canal potencial principal de circulación colateral en caso de estrechez coronaria.

Cabe señalar también la anastomosis que se realiza en el tabique interauricular entre ramos auriculares derechos y la arteria *anastomótica magna de Kugel*, procedente de la rama auricular del borde izquierdo.

Las anastomosis subepicárdicas son las de mayor calibre y se encuentran fundamentalmente en la superficie de

los ventrículos, la punta del corazón, la parte posterior del surco coronario y alrededor del cono pulmonar.

Existen también anastomosis *extracardíacas*, que se establecen entre finos ramos coronarios y las arterias pericárdicas de la arteria torácica interna, así como con *vasa vasorum* de la aorta y la pulmonar.

VENAS CORONARIAS

La sangre venosa del propio corazón drena en la aurícula derecha, con excepción de una pequeña cantidad de sangre que lo hace directamente en cada una de las cuatro cavidades cardíacas (Fig. 15-32). Las venas cardíacas se anastomosan en numerosos lugares de la pared cardíaca. Se distinguen así dos sistemas de drenaje venoso: el sistema de la aurícula derecha y el sistema de las venas cardíacas mínimas.

Sistema de drenaje de la aurícula derecha

La sangre del corazón entra en la aurícula derecha por dos vías distintas: la vía principal del seno coronario, que recoge la sangre de casi todo el corazón, y la vía de las venas cardíacas anteriores.

1. **El seno coronario** es un tronco venoso dilatado, de unos 3 cm de longitud y dirección horizontal, dispuesto en la porción izquierda y posterior del surco coronario, entre la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo. Se relaciona íntimamente con las terminaciones de las arterias coronaria derecha y circunfleja, a las que cubre. Se encuentra rodeado por fibras miocárdicas de la aurícula izquierda, que ejercen un papel de esfínter sobre el seno. Por su extremo terminal, se abre en el suelo de la aurícula derecha (orificio del seno coronario, véase anteriormente). Por su extremo izquierdo, continúa la vena cardíaca mayor.

El seno coronario se utiliza, en cirugía cardíaca, como vía para realizar una perfusión retrógrada de una solución protectora del miocardio (solución cardiopléjica), destinada a detener la función cardíaca y reducir al mínimo el consumo miocárdico de oxígeno, y así paliar los daños isquémicos asociados a la manipulación cardíaca.

Venas tributarias

En el seno coronario confluyen las venas **cardíaca mayor, cardíaca media, cardíaca menor, posterior del ventrículo izquierdo** y *oblicua de la aurícula izquierda*.

a) La **vena cardíaca mayor** drena la sangre de un territorio aproximado al de la arteria coronaria izquierda; de hecho, es satélite de las ramas terminales de la mencionada arteria. Nace en el vértice del corazón y asciende en compañía de la arteria interventricular anterior; cerca del surco coronario se separa de la arteria, pero luego llega a él a nivel de la cara pulmonar del corazón, abriéndose en el extremo izquierdo del seno coronario. Una ligera depresión indica la presencia de una válvula venosa insuficiente en la desembocadura.

b) La **vena cardíaca media** se origina en la punta del corazón y asciende por el surco interventricular posterior para desembocar cerca de la porción terminal del seno coronario.

c) La **vena cardíaca menor**, pequeña e inconstante, discurre por el borde derecho del corazón y luego por la parte posterior del surco auriculoventricular, para acabar en la porción terminal del seno. Las venas cardíacas media y menor drenan sangre de un territorio aproximado al de la arteria coronaria derecha.

d) La **vena posterior del ventrículo izquierdo** asciende por la cara diafragmática del ventrículo izquierdo para terminar, generalmente, en el extremo izquierdo del seno; puede ser tributaria de la vena cardíaca mayor.

e) La **vena oblicua de la aurícula izquierda (vena de Marshall)** desciende por la cara posterior de la aurícula izquierda, próxima a las venas pulmonares izquierdas, para abrirse en el seno coronario. Por arriba, parece continuarse con un pliegue del pericardio seroso (pliegue de la vena cava izquierda).

Ambas estructuras representan la vena cava superior izquierda del embrión que se transforma en el curso del desarrollo.

2. **Vía de las venas cardíacas anteriores.** Las **venas cardíacas anteriores** son vasos cortos y delgados que ascienden por la cara anterior del ventrículo derecho, cruzan el surco auriculoventricular bajo la arteria coronaria derecha y se abren en la aurícula derecha. Estas venas recogen sangre de la cara anterior del ventrículo derecho.

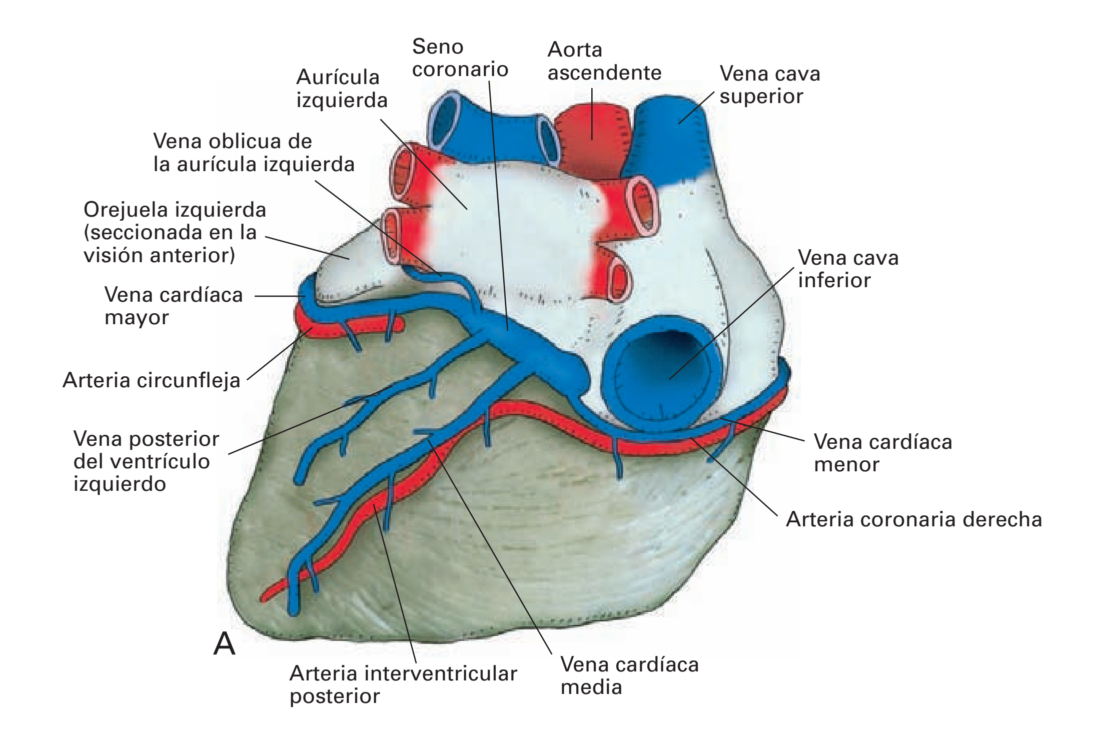
Sistema de las venas cardíacas mínimas

Las **venas cardíacas mínimas** *(venas de Thebesio)* son venas minúsculas en el espesor de la pared cardíaca que vierten la sangre directamente en las cavidades del corazón por unos diminutos orificios (*foraminula de Lannelongue*). Pueden transportar sangre hacia el miocardio y ser vía de comunicación con las venas superficiales constituyendo una vía de derivación.

LINFÁTICOS

El corazón drena su linfa en los **grupos ganglionares traqueobronquiales y mediastínico anterior**. La linfa es recogida por tres *plexos linfáticos*: *subendocárdico, intramiocárdico* y *subepicárdico*. Estos plexos confluyen de profundo a superficial de modo que toda la linfa es vertida al plexo subepicárdico.

La red linfática subepicárdica se dispone como una malla en torno al corazón, inmediatamente por debajo de la hoja



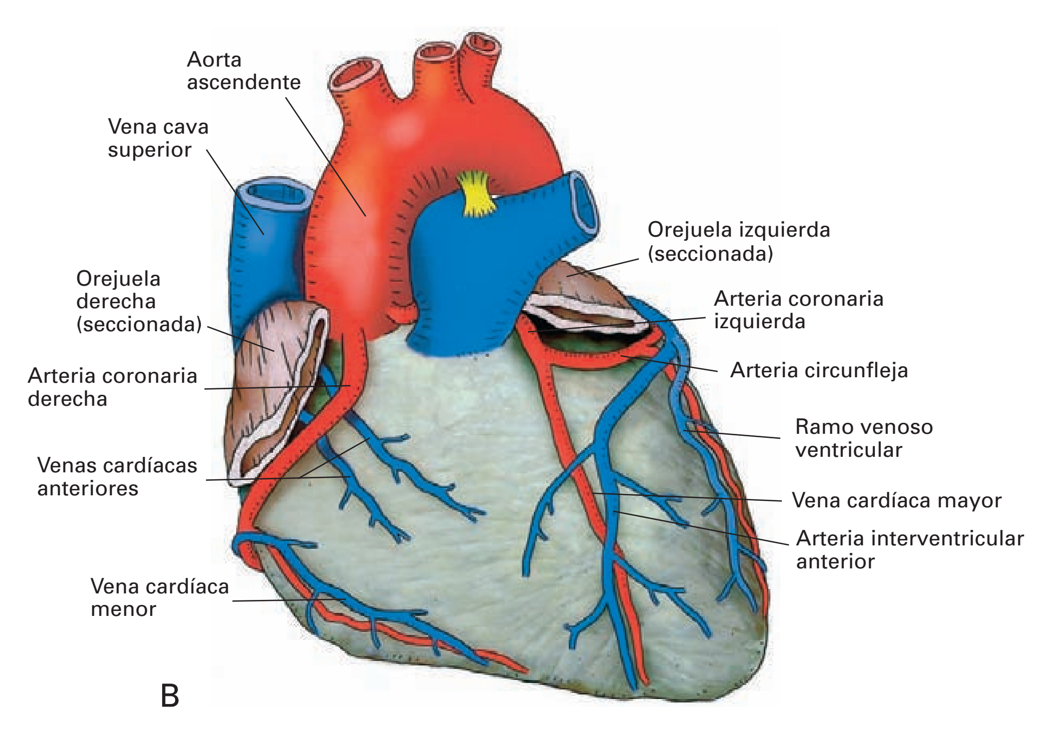


Figura 15-32. Venas coronarias. En (A), visión posteroinferior del corazón. En (B), visión anterior. Los grandes troncos de las arterias coronarias se han representado como referencias.

visceral del pericardio. De esta red parten los colectores linfáticos de los ventrículos y de las aurículas, que terminan en los ganglios traqueobronquiales y mediastínicos anteriores.

Los colectores linfáticos de los ventrículos proceden de las mitades derecha e izquierda del corazón, si bien están ampliamente intercomunicados. Los colectores de la mitad derecha convergen hacia el *tronco linfático común derecho* o *tronco eferente I*, el cual sigue el trayecto de la a. coronaria derecha hasta situarse entre la aorta y el tronco pulmonar; asciende por delante de la aorta, atraviesa el pericardio y termina en los ganglios mediastínicos anteriores. Los colectores de la mitad izquierda se subdividen en colectores anteriores, que ascienden en compañía de la arteria interventricular anterior, y colectores posteriores, que siguen el surco interventricular posterior y el trayecto de la arteria circunfleja. Estos colectores se unen en *el tronco linfático común izquierdo* o *eferente II*, que discurre por detrás de la arteria pulmonar, perfora la cara posterior del pericardio y termina en los ganglios traqueobronquiales.

En el trayecto de los troncos, pueden existir pequeños ganglios linfáticos. Asociados al tronco eferente II, el *ganglio yuxtapulmonar*, en la vertiente izquierda de la arteria, y el *ganglio dorsopulmonar de Rouviere*. En el trayecto del tronco eferente I, el *ganglio preaórtico*.

Hay frecuentes variaciones en la disposición y drenaje de los troncos linfáticos. Los troncos eferentes pueden fusionarse o pueden drenar de forma distinta: el tronco eferente I en los ganglios traqueobronquiales y el tronco eferente II en los ganglios mediastínicos anteriores.

Los colectores linfáticos de las aurículas drenan en los troncos ventriculares. Pero, con frecuencia, en la cara posterior de las aurículas se forman colectores que drenan de forma independiente: los de la aurícula derecha en el *ganglio yuxtafrénico derecho*, situado a la derecha de la vena cava inferior, y en el *ganglio de Bartels*, a la derecha de la vena cava superior; los de la aurícula izquierda lo hacen en los ganglios traqueobronquiales.

Los linfáticos cardíacos conectan entre sí estructuras alejadas. Este hecho podría explicar, por ejemplo, que los desechos necróticos de una zona tras un infarto de miocardio puedan alcanzar estructuras del sistema cardionector y provocar graves arritmias (trastornos del ritmo), que no están justificadas en principio por no estar afectado el sistema de conducción.

PERICARDIO

El pericardio es la cubierta fibroserosa que envuelve el corazón y el origen de los grandes vasos. Está formado por dos partes distintas: una externa, el **pericardio fibroso,** y otra interna, el **pericardio seroso**. Este último, como toda serosa, está formado por dos hojas que encierran una cavidad. El pericardio fibroso aísla el corazón de los órganos vecinos, lo protege y lo fija a estructuras vecinas; el pericardio seroso permite el deslizamiento del corazón durante sus movimientos (Figs. 15-9, 15-11, 15-33 y 15-34).

El **pericardio fibroso** es un saco conectivo, espeso y resistente. Semeja un cono cuya base se apoya sobre el diafragma, atravesado por la vena cava inferior, y cuyo vértice truncado se cierra alrededor de los grandes vasos, continuándose con la capa adventicia de los mismos. A nivel del pedículo arterial, la línea de continuidad del pericardio con la adventicia se aparta notablemente del corazón, pues asciende hasta cubrir el tronco de la pulmonar y la aorta ascendente hasta las proximidades del origen del tronco arterial braquiocefálico. El saco pericárdico se mantiene fijo por su unión a los grandes vasos y al diafragma que le sustenta, y mediante una trama de tejido conectivo que le rodea en algunos puntos y lo une a estructuras vecinas. La trama de tejido conectivo son condensaciones fibrosas o espesamientos del tejido conectivo del mediastino. Esta trama une el pericardio al centro tendinoso del diafragma y por delante al esternón (**ligamentos esternopericárdicos**).

El **pericardio seroso** es la capa interna del pericardio. Está formado por dos láminas, una parietal y otra visceral, que encierran entre ellas la cavidad pericárdica (Fig. 15-33). La **lámina parietal** se adhiere íntimamente a la superficie interna del pericardio fibroso. Esta adhesión hace imposible su aislamiento, pues las tramas conectivas de ambos pericardios se entremezclan. La **lámina visceral (epicardio**) se aplica sobre la superficie del corazón, adhiriéndose íntimamente al miocardio, del que es difícil separarla; a nivel de la entrada o salida de los grandes vasos, los cubre durante un cierto trayecto, formando una vaina alrededor de los mismos hasta la zona de continuidad con la lámina parietal, determinando así que los grandes vasos tengan un trayecto intrapericárdico. Los vasos coronarios están tapizados por el epicardio, deslizándose en la grasa que se dispone entre éste y el miocardio.

La **cavidad pericárdica** es un espacio virtual comprendido entre las dos láminas. Contiene una pequeña cantidad de líquido pericárdico (25-50 mL) secretado por las células mesoteliales que constituyen las láminas.

La cavidad pericárdica puede hacerse real y aumentar su tamaño cuando se produce un derrame y se acumulan líquidos en su interior (véase Fig. 15-39). Puede haber un aumento de secreción (**hidropericarditis**), una acumulación de sangre (**hemopericardio**), por rotura del corazón, o colecciones de pus (**piopericardio**). Una herida, por ejemplo, por arma blanca, puede hacer que entre aire en la cavidad (**neumopericardio**). En estas situaciones, el corazón tiene a su alrededor una «coraza» que impide su correcto deslizamiento y distensión, originando un cuadro clínico grave. La sangre no entra normalmente y se acumula en las venas, provocando una ingurgitación de las venas del cuello. La sangre sale con dificultad durante la sístole ventricular izquierda, lo que determina una caída de la presión arterial (hipotensión) y un déficit agudo de irrigación de los tejidos. En fin, falla la circulación pulmonar y se produce una dificultad respiratoria intensa (disnea). La inflama-

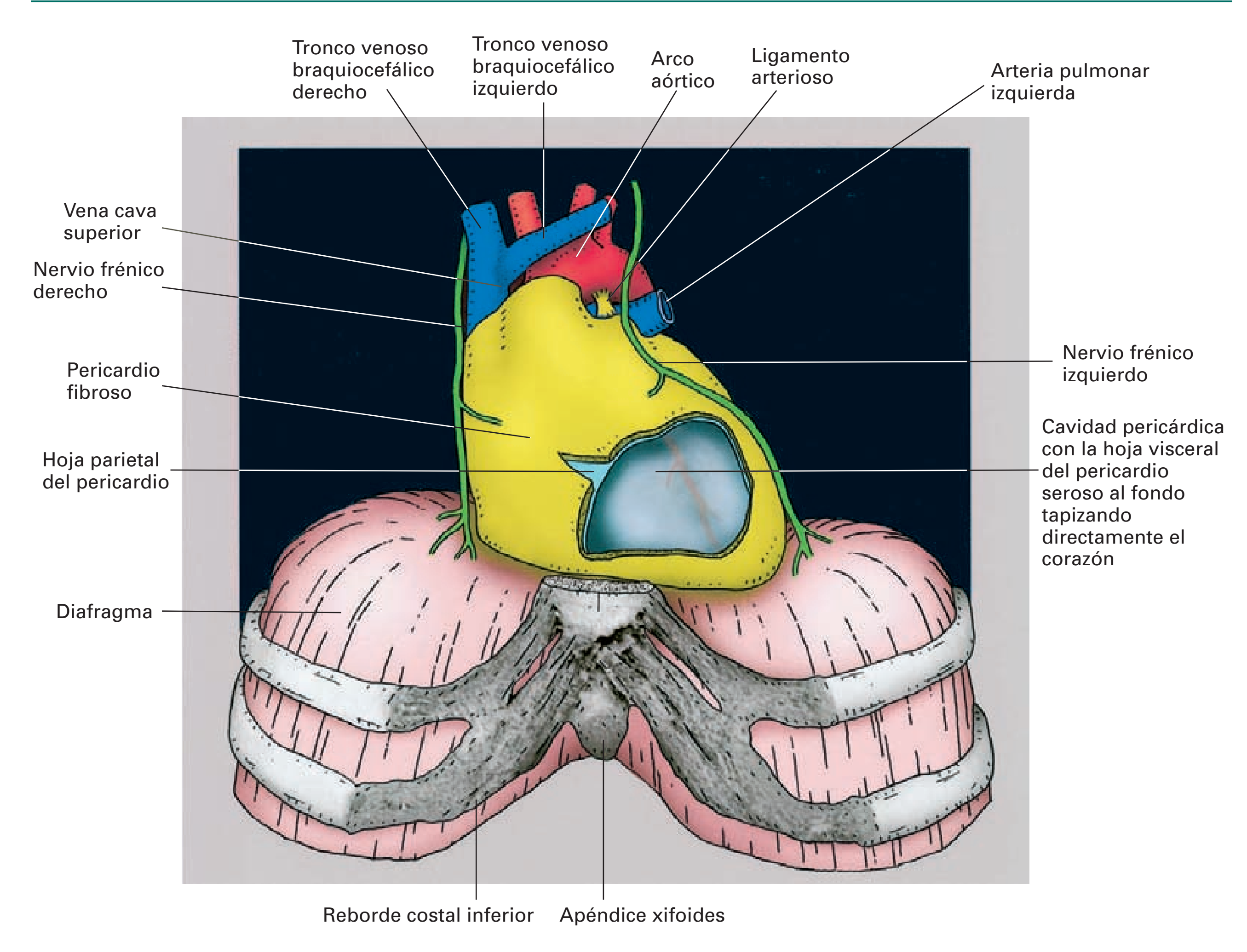


Figura 15-33. Representación esquemática del saco pericárdico envolviendo el corazón. Visión anterior tras seccionar el esternón y los arcos costales, y extirpar los pulmones. Se ha practicado una ventana en el pericardio para exponer sus componentes.

ción del pericardio (**pericarditis**) genera un ruido especial en la auscultación (roce pericárdico), a consecuencia de la pérdida de humedad de las láminas pericárdicas.

El pericardio puede ser puncionado para drenar una acumulación patológica de líquido o para extraer una muestra del mismo con fines diagnósticos. La punción (**pericardiocentesis**) puede hacerse en dos zonas: insertando la aguja en la zona cardíaca libre de pleuras, a nivel del quinto espacio intercostal izquierdo junto al borde esternal, o bien junto al lado izquierdo del apéndice xifoides. El primer procedimiento debe evitar lesionar la arteria torácica interna o la interventricular anterior. En la actualidad, este procedimiento se lleva a cabo mediante control ecocardiográfico.

La cavidad está completamente cerrada, ya que las dos láminas se continúan una con otra a nivel de la **línea de reflexión**, que se dispone a nivel de los pedículos arterial y venoso (Fig. 15-34).

Reflexión a nivel del pedículo arterial. La línea de reflexión es inmediatamente subyacente a la inserción del pericardio fibroso. Si la comenzamos en un punto del flanco izquierdo del tronco de la arteria pulmonar, por debajo de la bifurcación, la línea asciende hacia la derecha por delante de la bifurcación, cerca del ligamento arterioso, que no queda englobado; luego sube por delante de la aorta ascendente, hasta el origen del tronco arterial braquiocefálico; la línea se acoda, contornea el flanco derecho de la aorta y desciende hacia la izquierda, por detrás de ésta, para buscar la cara inferior de la arteria pulmonar derecha y de la bifurcación pulmonar, a las que tapiza, y finalmente, se une al punto de origen. Debido a que tapiza la cara inferior de la arteria pulmonar derecha, este vaso forma el techo del seno transverso de Theile (véase más adelante).

Reflexión a nivel del pedículo venoso. La reflexión a nivel del pedículo venoso engloba la entrada de las venas en las aurículas. Dado que algunos de estos orificios se encuentran muy separados entre sí, la línea que se dibuja es muy

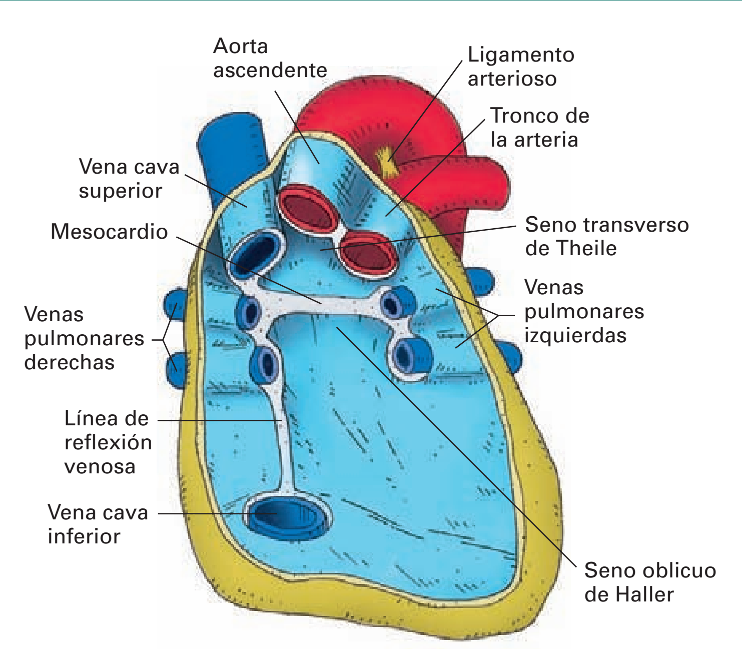


Figura 15-34. Esquema del interior del saco pericárdico tras la extirpación del corazón con su epicardio y la sección de los grandes vasos a los que está unido. Pericardio fibroso (*verde*). Pericardio seroso (*azul*).

compleja. Puede semejarse a una letra H un tanto asimétrica que tuviera una de sus ramas verticales más corta. La rama vertical larga de la H queda en la parte derecha de la base cardíaca, y engloba de arriba a abajo la vena cava superior, las venas pulmonares derechas y la vena cava inferior. La línea de reflexión a nivel de la vena cava superior es oblicua, encontrándose por delante más alejada de la aurícula que por detrás. La rama vertical corta engloba las venas pulmonares izquierdas. Ambas ramas verticales están unidas por una rama horizontal, que pasa por detrás de la parte superior de la aurícula izquierda y une las ramas verticales entre sí a nivel de las venas pulmonares superiores. El espacio estrecho, sin pericardio visceral, que queda en el interior de la línea de reflexión se denomina *meso cardíaco* , un vestigio del mesocardio posterior embrionario.

La disposición de la línea de reflexión determina que en algunos puntos de la cavidad pericárdica se formen **senos pericárdicos** y numerosos **divertículos**.

El **seno oblicuo del pericardio** (*seno oblicuo de Haller*)[23] está situado detrás de la base cardíaca, y queda comprendido entre la cara posterior de la aurícula izquierda por delante; la lámina parietal por detrás, que le separa del esófago; las venas pulmonares a los lados; y la rama horizontal de reflexión del pedículo venoso por arriba, cerrando el seno. Cuando se abre el pericardio, podemos introducir nuestra mano en este espacio simplemente con levantar el corazón. A través del seno oblicuo, la aurícula izquierda establece una importante relación con el esófago. El seno oblicuo es, con el sujeto en decúbito supino, el punto más declive del corazón, por lo que es el lugar de mayor acumulación de exudados patológicos del pericardio.

Entre el pedículo arterial y el pedículo venoso, por encima y por delante de la rama horizontal del meso cardíaco, se forma un espacio de la cavidad pericárdica denominado **seno transverso del pericardio** (*seno transverso de Theile*)[24]. Es un pasillo interpedicular limitado por delante por la aorta ascendente y el tronco de la arteria pulmonar, por detrás por las aurículas y la vena cava superior y, por arriba, formando el techo, la arteria pulmonar derecha revestida también de pericardio seroso. Si introducimos el dedo de una mano en el seno transverso y los dedos de la otra mano en el seno oblicuo, se tocan a través del mesocardíaco que les separa.

Entre los **divertículos** del pericardio detacamos dos: el pliegue vestigial y la fosita retrocava de Allison.

La *fosita retrocava de Alllison* se dispone entre la vena cava superior y la vena pulmonar superior derecha, y viene determinada por la angulación entre estos vasos. Esta fosita permite un acceso intrapericárdico a la vena pulmonar superior derecha.

El *pliegue vestigial de Marshall (repliegue de la vena cava izquierda*) se extiende entre la arteria pulmonar izquierda y la vena pulmonar superior izquierda. Contiene un cordón fibroso que es resto embrionario del la vena cardinal común izquierda y que se continúa, aparentemente, con la vena oblicua de la aurícula izquierda (véase Coronarias). El pliegue contribuye a delimitar, junto con la arteria pulmonar izquierda y la vena pulmonar superior iz-

[23] Albrech von Haller (1708-1777), médico y anatomista suizo, realizó también notables aportaciones en fisiología y botánica.

[24] Friedrich W. Theile (1801-1879), médico alemán.

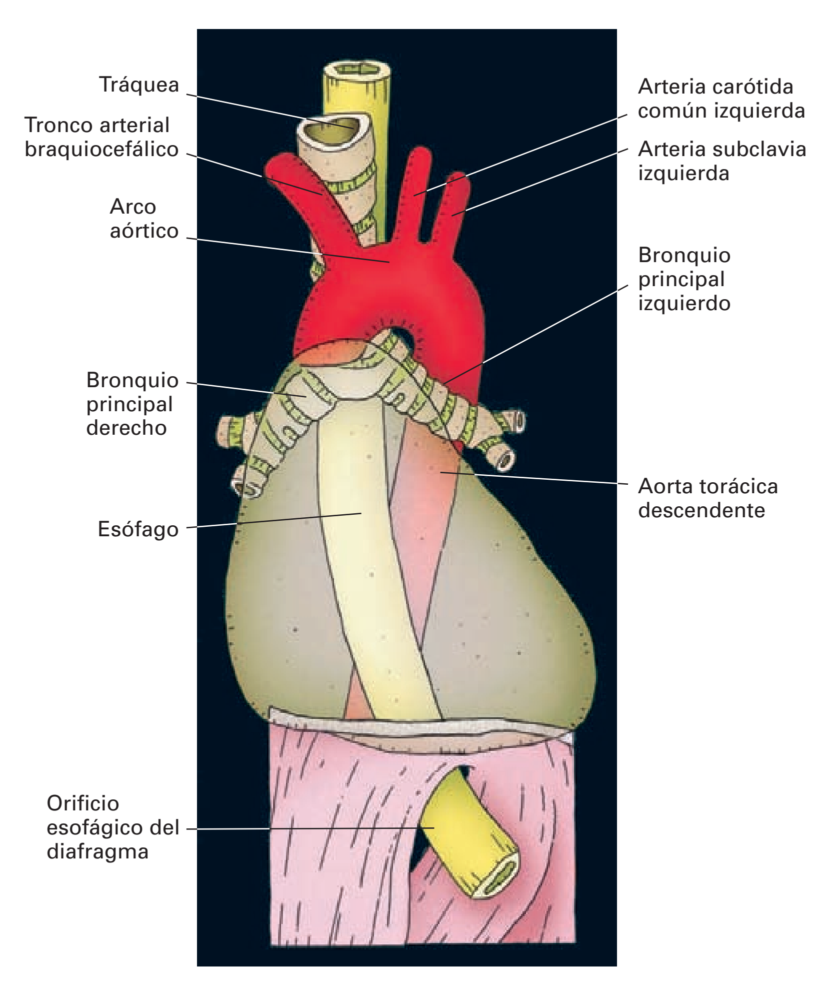


Figura 15-35. Visión anterior esquemática de los órganos mediastínicos. El saco pericárdico se representa transparentado para poder ver detrás los órganos del mediastino posterior.

quierda, un pequeño fondo de saco denominado receso pulmonar izquierdo.

Vasos del pericardio. El pericardio está irrigado: por la arteria torácica interna, directamente, mediante ramas colaterales, y por medio de sus ramas pericardiofrénica y musculofrénica; por la arteria diafragmática inferior atravesando el diafragma; y por ramas bronquiales y esofágicas y pericárdicas de la aorta descendente. En el niño, también está irrigado por arterias tímicas. El epicardio está irrigado por las arterias coronarias.

Las venas drenan mediante dos corrientes: una posterior, en las venas ácigos, y otra anterolateral que, por las venas torácicas internas (venas pericardicofrénicas), drena en la cava superior o en los troncos venosos braquiocefálicos.

Los linfáticos drenan en los ganglios mediastínicos anteriores, traqueobronquiales e infradiafragmáticos.

Nervios del pericardio. El pericardio está inervado por el nervio frénico, el nervio vago y ramos simpáticos de la cadena cervical (nervios cardíacos y nervios perisubclavios nacidos en el ganglio cervical inferior). El epicardio tiene la inervación propia de las paredes cardíacas.

EXPLORACIÓN ANATÓMICA MEDIANTE ESTUDIOS DE IMAGEN

Radiografía simple de tórax

La exploración más habitual y sencilla del corazón es la radiografía simple, la cual puede hacerse en proyección posteroanterior, lateral u oblicua.

Proyección posteroanterior (Fig. 15-36). En esta proyección, el corazón forma parte de la sombra central constituida por la superposición del esternón, la columna vertebral y los órganos mediastínicos. En contraste con los campos radiotransparentes de los pulmones, podemos apreciar los bordes de la silueta cardíaca. El borde derecho está formado, de arriba abajo, por la vena cava superior y el arco de la aurícula derecha; en inspiración, puede apreciarse la vena cava inferior. El borde izquierdo está formado, de arriba abajo, por tres arcadas: el arco superior, correspondiente al cayado de la aorta (botón aórtico); el arco medio, constituido por la arteria pulmonar y parte de la

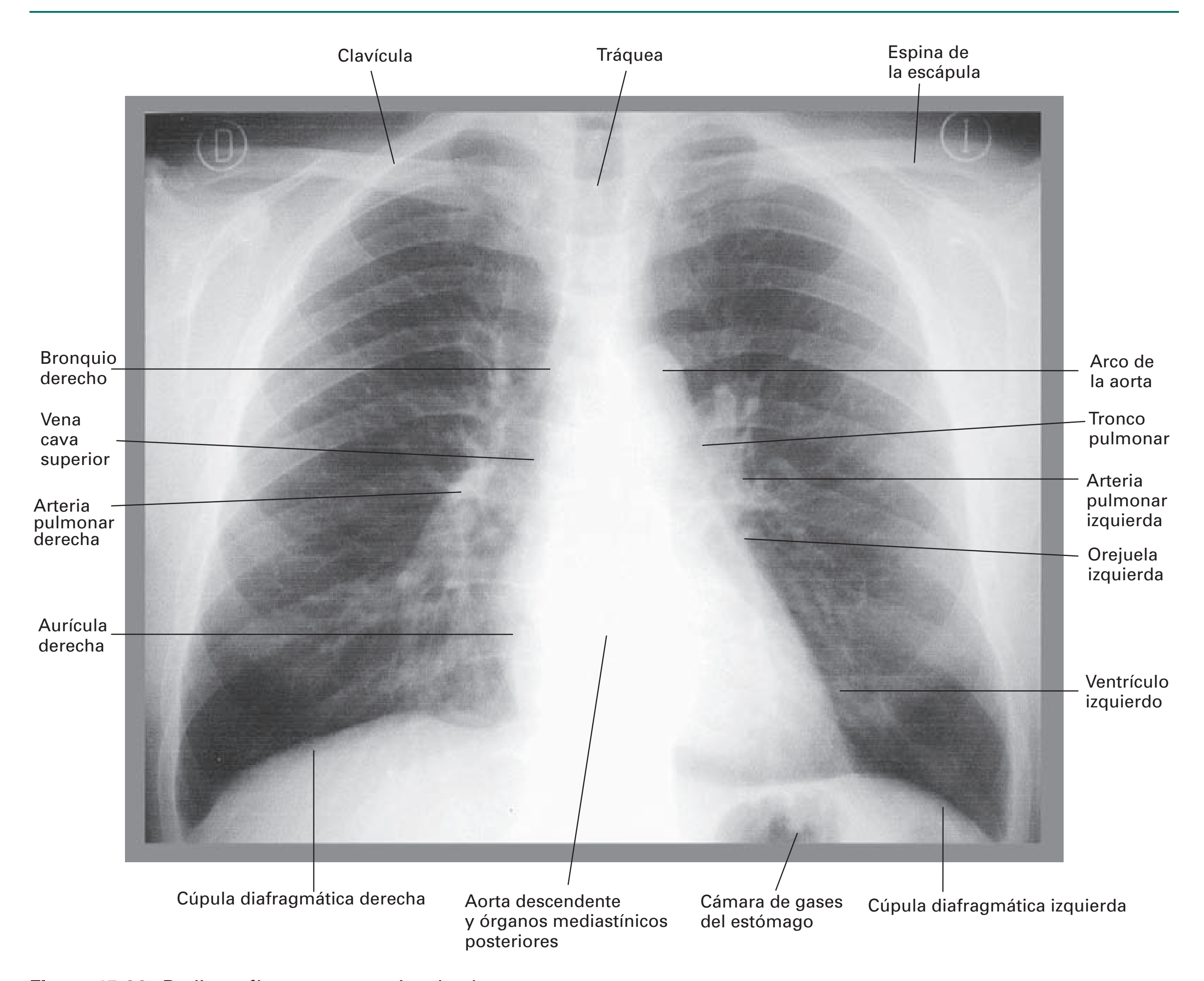


Figura 15-36. Radiografía posteroanterior de tórax.

orejuela izquierda; y, finalmente, un gran arco inferior, que corresponde al ventrículo izquierdo.

Angiocardiografía

Las cavidades cardíacas se pueden estudiar mediante la introducción de un medio de contraste por vía venosa o por vía arterial. En la vía venosa, introducimos un catéter en la vena basílica o en la subclavia, hasta llegar a la aurícula derecha, llenando de contraste las cavidades derechas y la arteria pulmonar.

Si el catéter se introduce por vía arterial (arteria femoral), se llega al corazón atravesando la válvula aórtica y se llenan las cavidades izquierdas (véase Fig. 15-17 C, D).

Angiografía coronaria

Las arterias coronarias se pueden visualizar introduciendo un catéter a través de las arterias femoral o braquial, hasta llegar a los senos de Valsalva de la aorta ascendente. Se inyecta el contraste por el orificio coronario correspondiente y se visualizan individualmente cada una de la coronarias.

Resonancia magnética (RM)

La RM en secciones transversales, sagitales y coronales proporciona una visión muy clara de las cavidades cardíacas, el dispositivo valvular y los grandes vasos (Figs. 15-37, 15-38 y 15-39).

DISPOSICIÓN GENERAL DE LA CIRCULACIÓN SISTÉMICA

La circulación sistémica se encarga de llevar sangre oxigenada a los tejidos mediante un dispositivo arterial que se origina en el ventrículo izquierdo y de transportar sangre

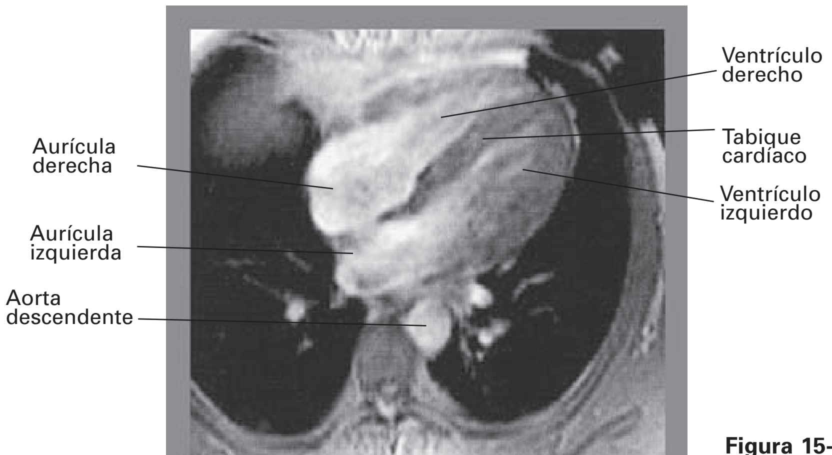


Figura 15-37. RM transversal de tórax que muestra las cavidades cardíacas.

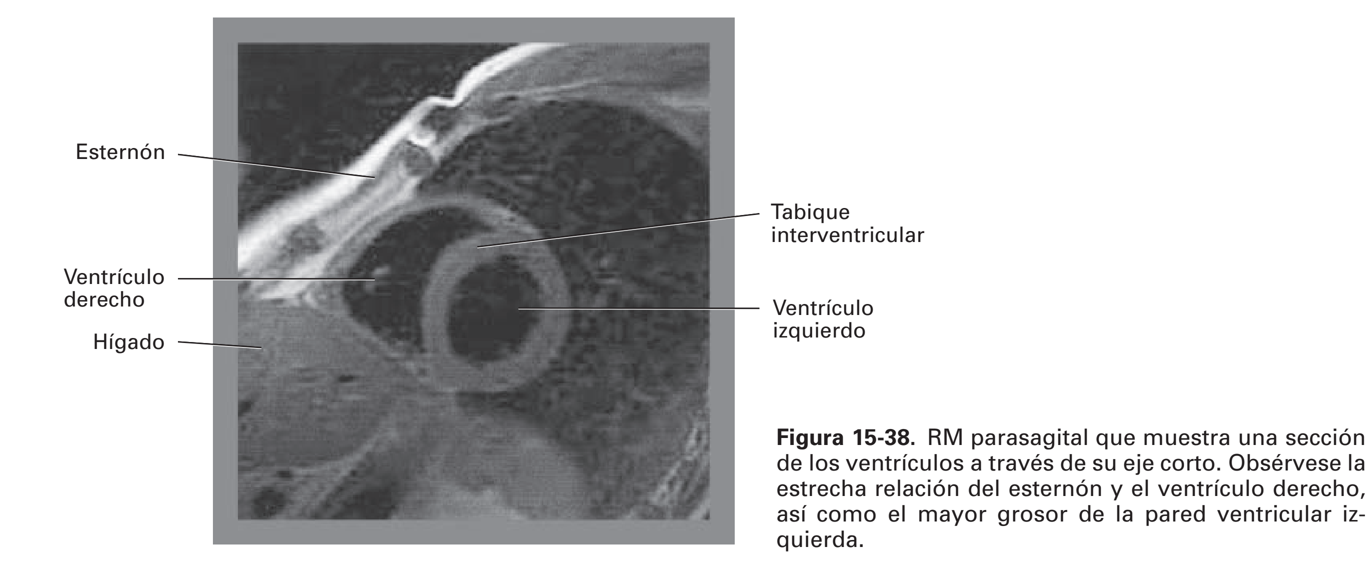


Figura 15-38. RM parasagital que muestra una sección de los ventrículos a través de su eje corto. Obsérvese la estrecha relación del esternón y el ventrículo derecho, así como el mayor grosor de la pared ventricular izquierda.

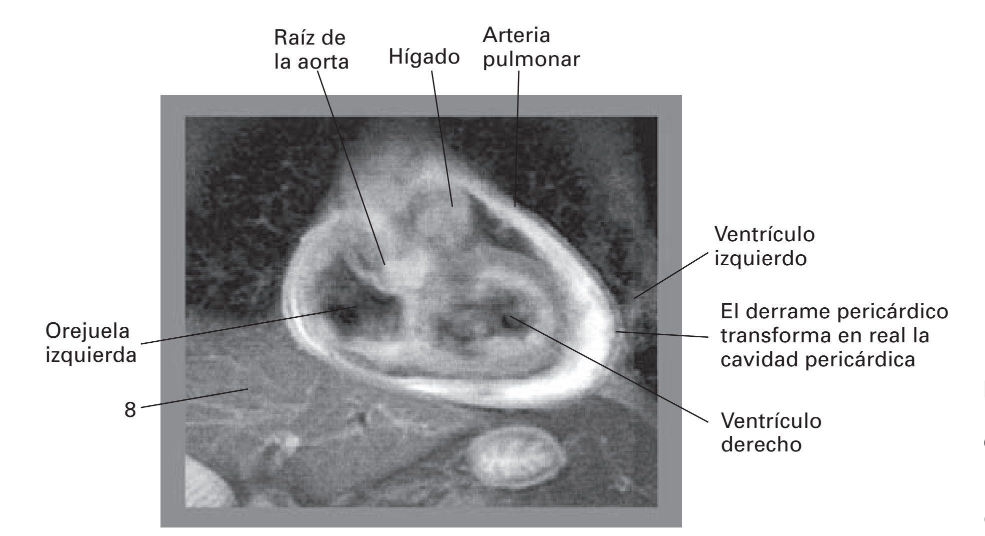


Figura 15-39. RM coronal que muestra un derrame pericárdico. En la imagen, el espacio blanco en forma de media luna representa el líquido acumulado en la cavidad pericárdica.

pobre en oxígeno a la aurícula derecha a través de un sistema venoso. El sistema arterial está formado por un gran «árbol» de ramificaciones a partir de un tronco principal, la aorta. El sistema venoso está constituido por el conjunto de venas que acaban drenando en dos grandes troncos venosos, la vena cava superior y la vena cava inferior, así como por el conjunto de venas que sirven de anastomosis entre ambos troncos (las venas ácigos y las venas de la columna vertebral).

PATRÓN GENERAL DEL SISTEMA ARTERIAL: AORTA

La **aorta** es la arteria principal del cuerpo, pues da origen, directa o indirectamente, a todas las arterias de la circulación sistémica. En su origen tiene un calibre de 2.5 cm, adelgazandose progresivamente a medida que se ramifica (Figs. 15-40, 15-41 y 15-42).

Se origina en el ventrículo izquierdo, del que está separado por la válvula semilunar aórtica; se extiende formando un «bastón», primero por encima del corazón y, luego, por delante de la columna vertebral hasta la cuarta vértebra lumbar donde se divide, como las ramas abiertas de una pinza, en dos arterias terminales, las **arterias ilíacas comunes**, que irrigan la pelvis y los miembros inferiores. En la zona de la bifurcación nace la **arteria sacra media**, una rama delgada que desciende por delante del sacro hasta el cóccix y contribuye a irrigar las paredes pélvicas (.)

Se distinguen, en su trayecto, tres *segmentos*: la **aorta ascendente**, el **arco o cayado aórtico** y la **aorta descendente**. Esta última atraviesa el tórax y el abdomen, por lo que topográficamente se divide en dos porciones, la **aorta torácica** y la **aorta abdominal**.

AORTA ASCENDENTE
(Figs. 15-11, 15-15, 15-34 y 15-41)

La **aorta ascendente** se encuentra dentro del saco pericárdico, por encima del corazón. Desde su origen en la base del ventrículo izquierdo se dirige hacia arriba y algo hacia la derecha y adelante, durante un trayecto de unos 4 cm, y se continúa con el arco aórtico. El límite está marcado por la línea de inserción del pericardio. En la unión entre ambos segmentos la aorta suele presentar una discreta dilatación anterior, el **bulbo aórtico**. No existe en el niño y, posiblemente, se deba a la acción mecánica de la presión sanguínea. Es una zona sensible a la formación de aneurismas.

Se *proyecta* en la superficie torácica por detrás del esternón, en una franja oblicua que va desde el tercer espacio intercostal izquierdo hasta el extremo esternal del segundo cartílago costal derecho (Fig. 15-10).

La porción inicial de la arteria tiene tres pequeñas dilataciones denominadas **senos aórtic**os (*senos de Valsalva*); cada dilatación es craneal a cada una de las valvas semilunares (Fig. 15-22).

Dentro del saco pericárdico, la aorta ascendente está acompañada por el tronco pulmonar. La aorta se dispone primero por detrás y, luego, a la derecha del tronco pulmonar. Ambos vasos están rodeados de un tubo de pericardio seroso (*pedículo arterial*). A través de su envoltura pericárdica, la aorta tiene a su derecha, la vena cava superior y la aurícula derecha; por delante el esternón, del que está separado por el timo, o sus restos, y el seno pleural costomediastínico anterior derecho con el borde anterior del pulmón; por detrás se encuentran el pedículo pulmonar derecho y la aurícula izquierda, de la que está separada por el seno transverso del pericardio.

> Existen malformaciones congénitas en las cuales la aorta tiene un origen anómalo. En algunos casos, puede nacer del ventrículo derecho, y, entonces, la pulmonar, nace del ventrículo izquierdo; esta grave malformación, conocida como **transposición de los grandes vasos**, se debe a un defecto en la tabicación del tracto de salida del corazón embrionario. En otros, la aorta nace en los dos ventrículos (**aorta cabalgante**); esta disposición es una de las alteraciones que se producen en la **tetralogía de Fallot**, una de las malformaciones cardíacas más frecuentes caracterizada, además de lo mencionado, por estenosis de la válvula pulmonar, comunicación interventricular e hipertrofia del ventrículo derecho.

CAYADO AÓRTICO

El **cayado** o **arco aórtico** se dirige hacia atrás y hacia la izquierda describiendo un arco cóncavo hacia abajo, hasta colocarse en la vertiente lateral izquierda del cuerpo de la cuarta vértebra torácica, donde se incurva para continuarse con la aorta descendente. Ocupa el **mediastino superior** (Figs. 15-9, 15-11, 15-12, 15-33, 15-35 y 15-41).

El cayado se *proyecta* en la superficie anterior del tórax sobre el manubrio del esternón, entre los extremos esternales de los segundos cartílagos costales (Fig. 15-10).

De la convexidad del cayado nacen tres grandes arterias para la cabeza y las extremidades superiores: de delante atrás el **tronco arterial braquiocefálico**, la **carótida primitiva izquierda** y la **subclavia izquierda**.

El cayado salta por encima de la bifurcación del tronco pulmonar y del pedículo pulmonar izquierdo. Está unido a la bifurcación de la arteria pulmonar por el **ligamento arterioso** (véase Arteria pulmonar). La zona del arco comprendida entre el ligamento arterioso y el origen de la subclavia izquierda se denomina **istmo aórtico**. Es una zona estrecha bien manifiesta en el período prenatal, pero después del nacimiento, con la obliteración del conducto ar-

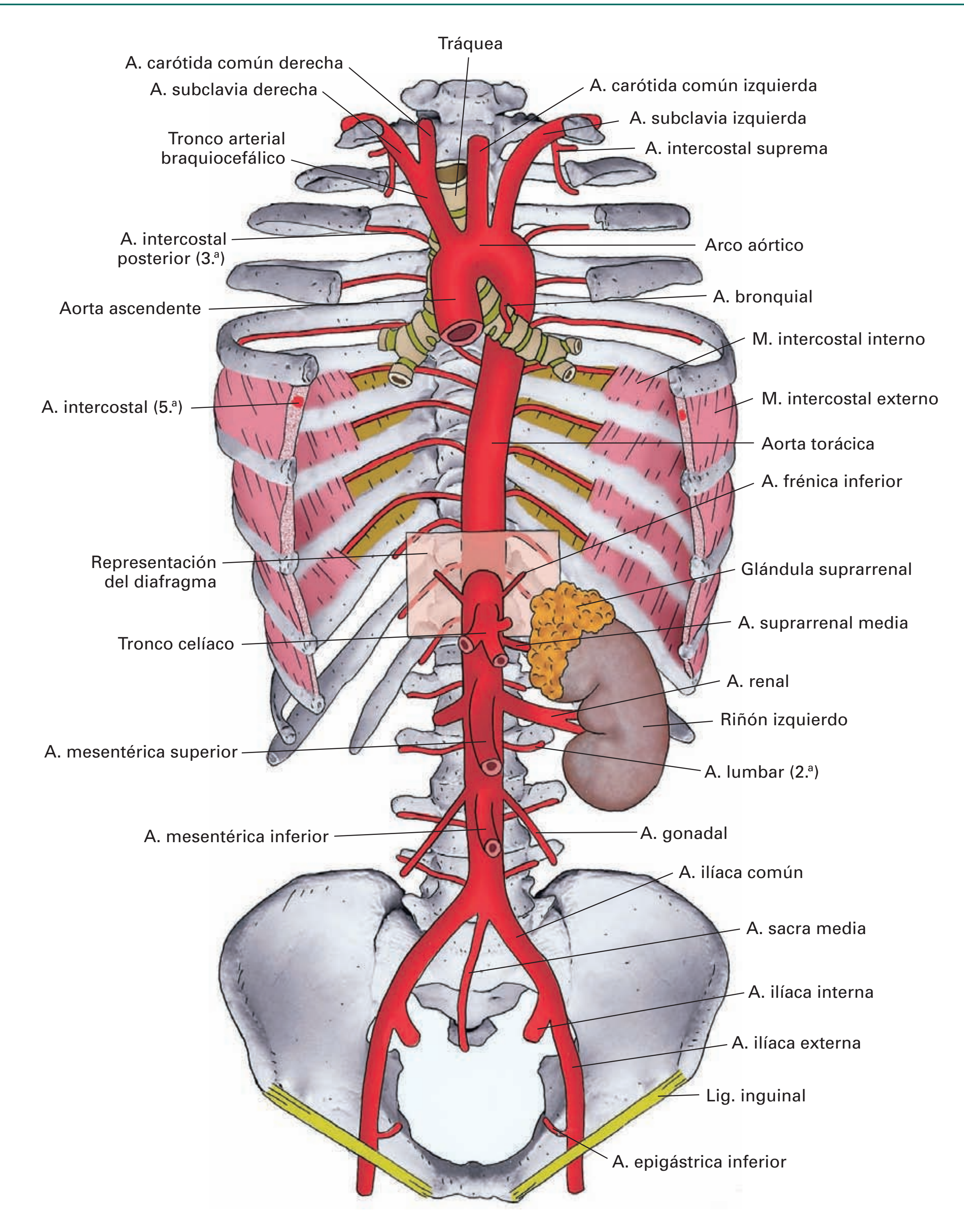


Figura 15-40. Esquema general del sistema arterial de la aorta. La posición del diafragma se ha representado con un recuadro.

terioso, se corrige la estrechez, y puede persistir en el adulto como una ligera muesca en la concavidad del cayado. Discurre entre dos vertientes viscerales: una anteroexterna o pleuropulmonar y otra posterointerna o traqueoesgofágica. La superficie anteroexterna del cayado entra en relación con la pleura mediastínica y el pulmón izquierdo, donde labra un surco por encima del hilio. La superficie posterointerna del cayado pasa a la izquierda de la tráquea y del esófago.

Varias estructuras nerviosas y linfáticas están relacionadas con el cayado. Entre la vertiente pleural y el cayado se

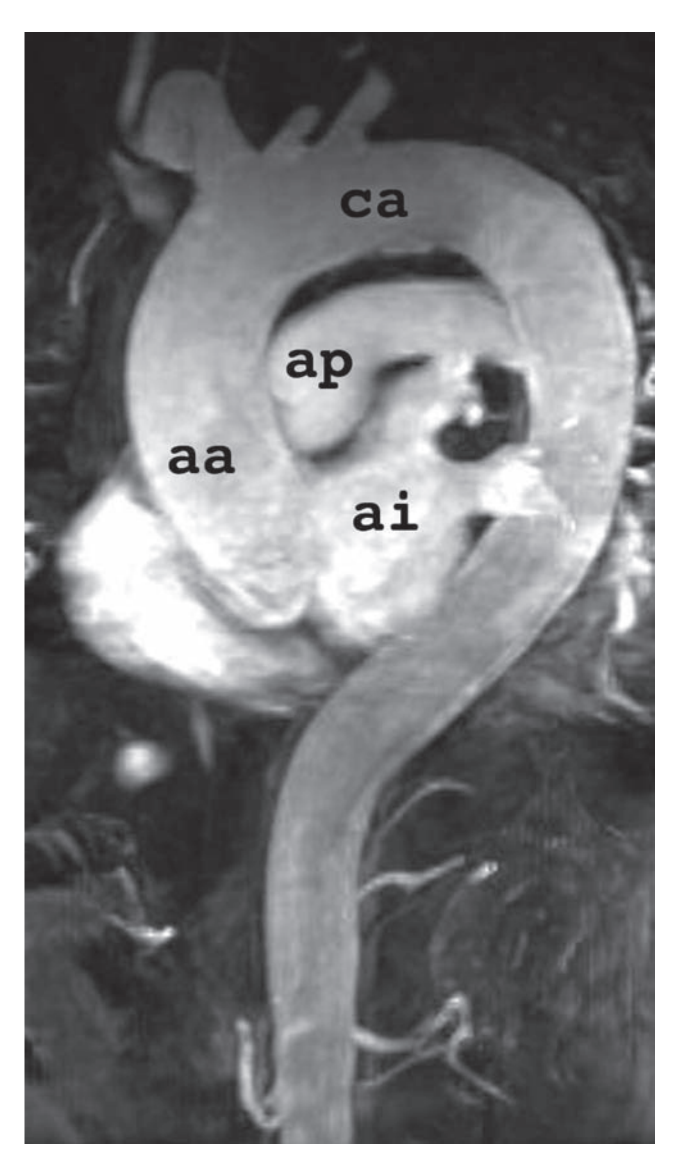


Figura 15-41. RM de la arteria aorta y del corazón. (aa) aorta ascendente; (ca) cayado de la aorta; (ap) arteria pulmonar; (ai) aurícula izquierda.

disponen, de delante atrás, el nervio frénico izquierdo, ramos cardíacos vegetativos y el nervio vago izquierdo. El vago emite el nervio recurrente, el cual forma un asa bajo el cayado para colocarse por dentro de éste y ascender por el ángulo traqueoesofágico. Igualmente, por dentro del cayado se encuentran el conducto torácico a la izquierda del esófago y la cadena ganglionar laterotraqueal. Los plexos vegetativos cardíacos rodean el cayado por debajo y por dentro.

Los **cuerpos aorticopulmonares** son *quimiorreceptores* similares al cuerpo carotídeo. Se encuentran adosados a la adventicia del cayado de la aorta, en una posición muy variable, próximos a la aorta ascendente; generalmente son dos, uno a cada lado del cayado. Se han observado tumores de estas formaciones denominados genéricamente paragangliomas.

Diseminados por el espesor de la pared del cayado hay gran cantidad de *barorreceptores* con una función similar a los del seno carotídeo. Los cuerpos aorticopulmonares y los barorreceptores están inervados por el nervio vago.

El cayado de la aorta es un lugar particularmente sensible a sufrir malformaciones congénitas o a anomalías y variaciones en la disposición de sus troncos arteriales.

Entre las malformaciones más frecuentes destacan la persistencia del conducto arterioso, la coartación de la aorta, el arco dextrógiro y la duplicación del cayado.

La **persistencia del conducto arterioso** obedece a que éste no se cierra después del nacimiento por acción de la contracción de su pared muscular y la proliferación de la capa íntima formando el ligamento arterioso. En estas condiciones, se produce un cortocircuito aortopulmonar y pasa sangre oxigenada a la circulación pulmonar, sobrecargándola.

La **coartación de la aorta** es un estrechamiento en las proximidades del ligamento arterioso, distal al origen de la subclavia izquierda. La sangre se dirige en su mayor parte hacia la cabeza y las extremidades superiores, y llega en pequeña cantidad a la mitad inferior del cuerpo. Un signo clínico que se observa es la ausencia o disminución del pulso en las arterias de las extremidades inferiores. Para compensar, se forma, mediante los vasos de las paredes torácicas, una circulación colateral que permite derivar sangre de las subclavias a las ilíacas externas por las arterias epigástricas e intercostales.

En muy raras ocasiones, la aorta se dirige hacia la derecha (**arco aórtico dextrógiro**). También puede observarse una **duplicación del cayado**; en esta circunstancia, la aorta ascendente se divide en dos arcos que contornean la tráquea y el esófago para volverse a unir por detrás de estos órganos. El anillo vascular así formado puede comprimir la tráquea y el esófago provocando dificultades respiratorias y de deglución.

AORTA TORÁCICA

La **aorta torácica** es la porción de la aorta descendente que ocupa el **mediastino posterior** (Figs. 15-9, 15-35, y también Fig. 9-37). Se origina como continuación del cayado de la aorta a la altura de la cuarta vértebra torácica y se extiende hasta su paso por el orificio aórtico del diafragma.

Desciende adosada, por detrás, a la vertiente anteroizquierda de los cuerpos vertebrales torácicos; es un poco oblicua, de modo que en su terminación está muy próxima a la línea media. En su descenso cruza al esófago colocándose primero a la izquierda y luego por detrás.

A la izquierda, están la pleura mediastínica y el pulmón izquierdo, donde talla un surco; a la derecha, el conducto torácico y la vena ácigos; por detrás, las venas hemiácigos; por delante, el pedículo pulmonar izquierdo, el pericardio y el esófago.

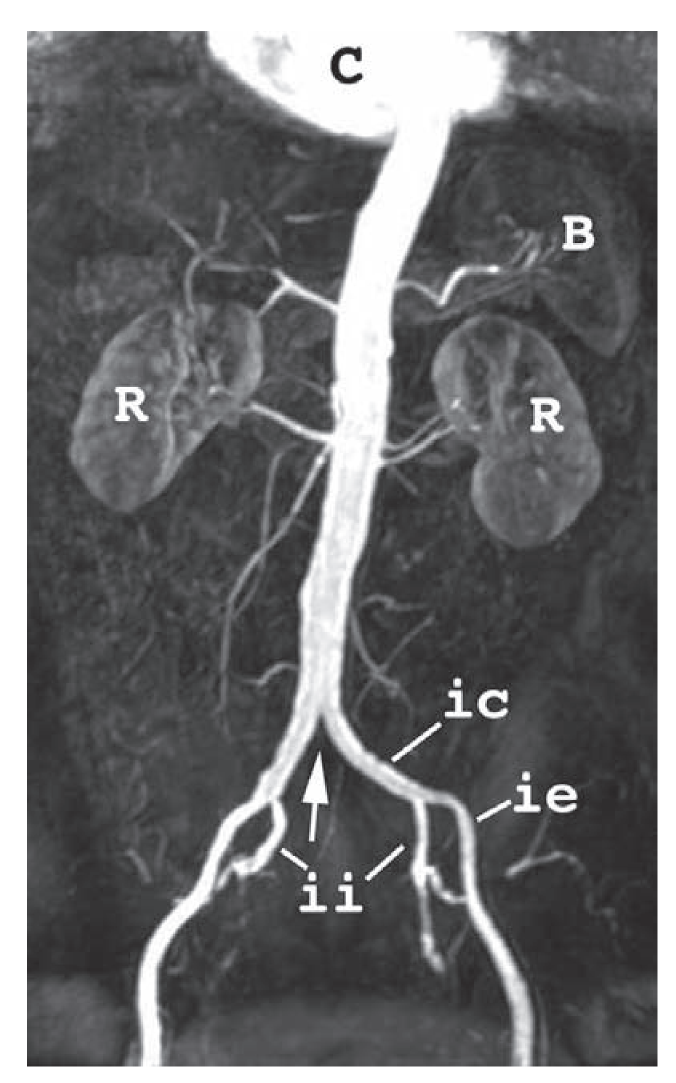


Figura 15-42. RM de la aorta abdominal. (c) corazón; (B) bazo; (R) riñones; (ic) arteria ilíaca común; (ie) arteria ilíaca externa; (ii) arteria ilíaca interna. La flecha señala la bifurcación de la aorta. Obsérvense las arterias que se dirigen al bazo (esplénica) y a los riñones (renales).

AORTA ABDOMINAL

La **aorta abdominal** es la porción de la aorta descendente que se extiende desde el orificio aórtico del diafragma hasta la cuarta vértebra lumbar donde se divide en las arterias ilíacas comunes (véase Fig. 10-7).

Se sitúa en el **espacio retroperitoneal primario**, inmediatamente por delante de la columna lumbar y a la izquierda de la vena cava inferior, de la que está algo separada en la parte alta por la interposición del pilar derecho del diafragma. La aorta tiene por delante, y de arriba abajo, el plexo celíaco, la bolsa omental, el complejo duodenopancreático, las venas esplénica y renal izquierda, y el peritoneo parietal posterior, a través del cual se relaciona con las asas intestinales. Por debajo del diafragma, la cisterna del quilo se dispone por detrás y a la derecha de la aorta.

La aorta abdominal está rodeada por plexos nerviosos simpáticos y los ganglios linfáticos lumbares.

La aorta abdominal y las arterias ilíacas comunes son una zona especialmente sensible a la aparición de **aneurismas**. Son extremadamente graves, pues su rotura provoca una masiva hemorragia interna que puede acabar, en minutos, con la vida del paciente. En ocasiones, se diagnostican con motivo de un examen de rutina. A la palpación abdominal profunda se sienten como una «tumoración que late». Los aneurismas deben extirparse, bien abriendo el abdomen o, actualmente, también, por vía endovascular mediante sofisticadas técnicas con catéteres. Cuando se hace por vía abdominal, se liga la aorta por encima y por debajo del aneurisma, se abre éste y se coloca dentro un injerto vascular sintético, el cual, se reviste con el propio saco del aneurisma.

La aorta descendente se *proyecta* en la pared anterior del tronco siguiendo una franja descendente y algo oblicua hacia la línea media que se extiende desde el extremo esternal del segundo cartílago costal izquierdo hasta unos 2 cm por debajo y algo a la izquierda del ombligo.

Distribución de la aorta (Fig. 15-40)

La aorta emite ramas terminales y colaterales.

Ramas terminales

Las ramas terminales de la aorta, las **arterias ilíacas comunes**, irrigan la pelvis y los miembros inferiores.

Ramas colaterales

Las ramas colaterales son muy numerosas y dan origen al resto de arterias del organismo. Según su origen, proceden de la aorta ascendente, del cayado, de la aorta torácica y de la aorta abdominal.

Ramas de la porción ascendente: son las **arterias coronarias**, destinadas a irrigar el propio corazón.

Ramas del cayado

Están destinadas a irrigar la cabeza, el cuello y los miembros superiores. El patrón más frecuente (65 %) está formado por tres grandes vasos que nacen de la convexidad del cayado, y que de delante atrás son el **tronco arterial braquiocefálico**, la **carótida común izquierda** y la **subclavia izquierda**.

Las variaciones en la disposición de estos troncos arteriales son muy frecuentes, y extraordinariamente

variables y difíciles de sistematizar. Afectan al número de ramas, o a su forma de origen y trayecto.

Muy excepcionalmente, puede haber *un solo tronco arterial* (como en el caballo) que emite, luego, las subclavias y carótidas. En ocasiones salen *dos arterias*; en estos casos, puede haber una subclavia izquierda y un tronco arterial que se divide en las dos carótidas y la subclavia derecha, o dos troncos que dan cada uno la carótida y la subclavia correspondiente. En algunos casos se observa salir *cuatro arterias*, siendo una la vertebral, o incluso *cinco*, con las dos vertebrales independientes.

Una variación del origen de la subclavia derecha tiene interés clínico. Esta arteria puede nacer independientemente como la última de las ramas del cayado y dirigirse hacia el lado derecho a través de la línea media (0.5 %). Suele pasar por delante de la tráquea, pero, en ocasiones, lo hace entre tráquea y esófago o incluso por detrás del esófago, planteando graves problemas durante la deglución (**disfagia luxoria**).

Ramas de la aorta torácica

La aorta torácica da ramas viscerales y ramas parietales.

Las *ramas viscerale*s son vasos cortos y muy variables, destinados a las vísceras próximas.

Las **arterias bronquiales** son generalmente tres: dos **izquierdas** y una **derecha**. La arteria bronquial derecha no suele nacer directamente de la aorta, sino de la tercera intercostal posterior derecha o de una bronquial izquierda. Alcanzan los bronquios extrapulmonares por detrás y se distribuyen por su pared penetrando con ellos en los pulmones.

Los **ramos esofágicos** son pequeños vasos, normalmente entre cuatro y seis, que irrigan la pared del esófago.

Los **ramos pericárdicos** alcanzan la cara posterior del saco pericárdico.

Los **ramos mediastínicos** son muy finos y van al tejido conectivo y a los ganglios linfáticos del mediastino posterior.

Las *ramas parietales* son pares y están destinadas a irrigar las paredes toracoabdominales y la columna vertebral y su contenido. Son las **arterias intercostales posteriores**, las **subcostale**s y las **frénicas superiores**.

Ramas de la aorta abdominal

La aorta abdominal emite ramos parietales y viscerales.

Las *ramas parietales*, pares, son las **arterias lumbares** y las **frénicas inferiores**, destinadas a irrigar las paredes del abdomen, el diafragma y la columna vertebral con su contenido.

Las *ramas viscerales* están destinadas a las vísceras abdominales. Se clasifican en ramas viscerales pares e impares.

Las *ramas viscerales pares* son las arterias **suprarrenales medias**, **renales** y **gonadales** (**testiculares** u **ováricas**). Téngase en cuenta que las gonadas tienen una posición abdominal al comienzo de su desarrollo prenatal y migran a su posición definitiva a lo largo del desarrollo.

Las *ramas viscerales impares* son el **tronco celíaco**, la **arteria mesentérica superior** y la **arteria mesentérica inferior**.

PATRÓN GENERAL DEL SISTEMA VENOSO

SISTEMA VENOSO CAVA

La sangre venosa de la circulación sistémica retorna a la aurícula derecha del corazón por el sistema de las **venas cavas**, con excepción de la sangre del propio corazón, que lo hace directamente mediante el seno coronario.

Se distinguen dos sistemas: de la **vena cava superior** y de la **vena cava inferior**. La cava superior recoge la sangre del diafragma para arriba y la cava inferior, la del diafragma para abajo. Ambos sistemas están anastomosados por el **sistema de las venas ácigos** y las **venas de la columna vertebral**, que, a su vez, recogen sangre de las paredes torácicas y abdominales, y de la región del raquis. Asimismo, las venas de las paredes toracoabdominales constituyen un sistema anastomótico entre ambas cavas. Las vías de anastomosis entre ambas venas cavas se denominan *anastomosis cavocavales*.

Las uniones cavocavales pueden desempeñar un papel muy importante en la formación de una circulación colateral que garantice el retorno de sangre al corazón cuando hay una obstrucción en la vía principal.

Vena cava superior (Fig. 15-43)

La **vena cava superior** recibe la sangre de la cabeza, el cuello, las extremidades superiores, las paredes torácicas y abdominales y de órganos torácicos con excepción del corazón y los pulmones.

El **tronco** de la vena cava superior, formado por la confluencia de los dos **troncos venosos braquiocefálicos derecho e izquierdo** a la altura de la articulación entre el primer cartílago costal derecho y el esternón, desciende verticalmente para desembocar en la aurícula derecha. Es un vaso muy grueso, de unos 2 cm de diámetro, que se sitúa en el **mediastino superior**.

La cava superior se sitúa a la derecha de la aorta ascendente, por dentro y por detrás del pulmón derecho; el timo, o sus restos, se disponen por delante, interponiéndose entre la vena y el pulmón. Por detrás, la cava recibe el cayado de la vena ácigos y , bajo él, contrae relaciones con el pedículo pulmonar derecho. En su parte inferior el vaso está envuelto en pericardio, formando parte del *pedículo venoso*. La vena se *proyecta* sobre el extremo interno de los

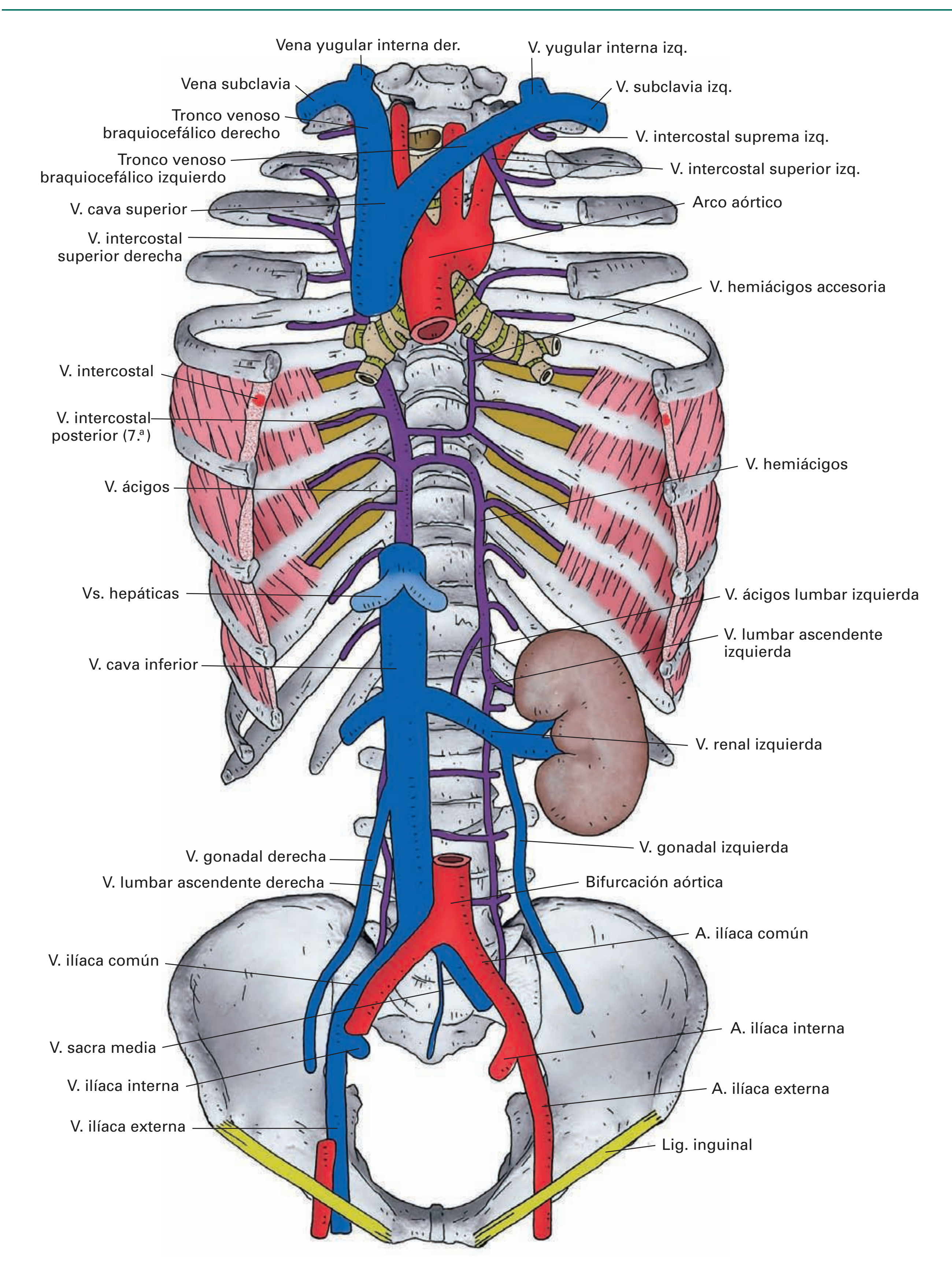


Figura 15-43. Esquema general del sistema venoso de las venas cavas y ácigos.

dos primeros espacios intercostales derechos y el borde derecho del esternón.

Existen anomalías raras de la vena cava superior que deben conocerse. Puede existir una **vena cava superior izquierda única**. En este caso, la vena drena en la aurícula derecha continuándose con el seno coronario; la sangre de la mitad superior derecha llega a la cava por el tronco braquiocefálico derecho. En ocasiones, **hay duplicación de las cavas superiores**; la cava izquierda se comporta como en el caso anterior, y no existe tronco braquiocefálico izquierdo. Estas anomalías se deben a complejos defectos del desarrollo de las venas cardinales del embrión.

Troncos venosos braquiocefálicos

La vena cava superior se forma por la confluencia de **dos troncos venosos braquiocefálicos, el derecho y el izquierdo** (Fig. 15-33). Cada uno de estos troncos se forma a su vez por la unión de la vena yugular interna y de la vena subclavia, punto denominado **confluente venoso** *(ángulo venoso)*, el cual se proyecta por delante del extremo interno de la clavícula y de la articulación esternoclavicular. Se sitúan en el **mediastino superior**.

Los desplazamientos hacia atrás del extremo interno de la clavícula, sea por una luxación de la articulación esternoclavicular o por una fractura, pueden desgarrar el confluente venoso y provocar una grave hemorragia.

El **tronco venoso braquiocefálico derecho** desciende casi verticalmente unos 2 cm hasta la altura del extremo inferior del primer cartílago costal. Se dispone por delante y por fuera del tronco arterial braquiocefálico, y se encuentra por detrás y por dentro del vértice pulmonar, donde labra una huella.

El **tronco venoso braquiocefálico izquierdo** es casi horizontal, más largo, y se dirige oblicuamente hacia la derecha y hacia abajo por detrás del manubrio esternal. Cruza por delante de los tres grandes troncos arteriales que salen del cayado de la aorta y por encima de éste. El timo se sitúa entre el tronco venoso y el esternón.

Venas tributarias

Los troncos braquiocefálicos reciben las siguientes venas: **vertebral**, **torácica interna, pericardicofrénica e intercostales supremas derecha e izquierda**; además, el tronco braquiocefálico izquierdo recibe, generalmente, la **vena tiroidea inferior, la vena intercostal superior izquierda** y pequeñas **venas tímicas y pericárdicas**.

Las venas torácica interna, pericardicofrénica y la intercostal superior izquierda se describen con las venas de las paredes del tórax y del abdomen. La vena vertebral y la vena tiroidea inferior se describen con las venas del cuello.

Vena cava inferior (Fig. 15-43)

La **vena cava inferior** se origina a nivel del flanco derecho del cuerpo de la quinta vértebra lumbar mediante la confluencia de las dos **venas ilíacas comunes**.

La vena asciende en la parte profunda y posterior del abdomen, en el **retroperitoneo primario**, situándose a la derecha de la aorta abdominal, y por delante y a la derecha de la columna, a la que está adosada; en la parte alta del abdomen se separa de la aorta, pasa por detrás del hígado (donde labra un surco) y penetra en el tórax atravesando el diafragma por el orificio de la vena cava en el centro frénico, a la altura de T-8. En el tórax tiene un trayecto intrapericárdico extremadamente corto, y acaba inmediatamente en la aurícula derecha.

Aunque son raras, existen anomalías de la vena cava inferior. En ocasiones, la cava es doble (**duplicación de la cava inferior**), y hay una cava izquierda que une la ilíaca común con la renal izquierda. Puede faltar la cava inferior (**agenesia**); en estos casos, la sangre de la mitad inferior del cuerpo transita por el sistema ácigos hacia la cava superior.

Venas de origen

Las **venas ilíacas comunes** (*venas ilíacas primitivas*)resultan de la unión de las venas ilíacas externa e interna.

La **vena ilíaca externa** es la continuación de la vena femoral. Recoge sangre de la extremidad inferior y de la parte baja de la pared anterolateral del abdomen. Nace en la laguna vascular, bajo el ligamento inguinal, y sube por el estrecho superior de la pelvis siguiendo el borde interno del psoas mayor hasta la articulación sacroilíaca, donde se une a la vena ilíaca interna. Está tapizada por el peritoneo parietal.

En su origen, las venas son internas a las arterias respectivas, pero progresivamente se sitúan por detrás y por debajo de ellas. La vena está cruzada medialmente, en su parte anterior, por el ligamento redondo o el conducto deferente, y, en su parte posterior, por el uréter.

Venas tributarias: son la **vena epigástrica inferior** y la **vena circunfleja ilíaca profunda**, las cuales se describen con las venas de las paredes toracoabdominales. Recibe, además, una importante anastomosis de la vena obturatriz, la **vena pubiana**.

La **vena ilíaca interna** (*vena hipogástrica*) recoge la sangre de las paredes pélvicas, el periné, los genitales externos y los órganos pélvicos. Lo hace mediante venas parietales y viscerales. Se forma a la altura del borde superior del agu-

jero isquiático mayor, y asciende por detrás de la arteria ilíaca interna hasta unirse a la vena ilíaca externa por delante de la articulación sacroilíaca. La vena derecha se sitúa por detrás y por fuera de la arteria.

La **vena ilíaca común** es el tronco venoso resultante de la fusión de las venas ilíacas externa e interna. Ambas venas ilíacas comunes, derecha e izquierda, ascienden convergiendo hacia la vertiente derecha de la quinta lumbar, donde se fusionan formando la vena cava inferior. La **vena ilíaca común derecha** sube por detrás y, claramente, por fuera de la arteria, siguiendo el borde interno del psoas. La **vena ilíaca común izquierda**, más larga y oblicua, sube por detrás de la arteria, y cruza la línea media a nivel del promontorio para unirse a la vena contralateral; la vena está cruzada por delante por la raíz del mesocolon sigmoide y la arteria ilíaca común derecha.

Venas tributarias

La **vena iliolumbar**, satélite de la arteria, suele terminar en la vena ilíaca común; a veces termina en la vena ilíaca interna.

La **vena sacra media**, impar, termina en la vena ilíaca común izquierda.

La vena cava inferior puede verse comprimida por la existencia de un tumor de órganos vecinos (riñón o suprarrenal derecha); en esta circunstancia, la sangre, que tiene dificultad para llegar al corazón utiliza las venas ácigos o las venas de la pared del tronco para drenar en la cava superior. Estas anastomosis aparecen dilatadas.

Se da una situación similar cuando hay una trombosis de las venas pélvicas.

Los trombos en el sistema dependiente de la cava inferior pueden desprenderse y entrar en el corazón; en esta circunstancia, pasan a la arteria pulmonar y provocan la isquemia de una zona más o menos amplia del pulmón (embolia pulmonar). Como método preventivo de la movilización de trombos en la cava inferior, en algunos pacientes, se puede recurrir a la utilización de un filtro de acero en forma de «paraguas» que se inserta en la vena (por debajo de la desembocadura de las venas renales); el filtro frena y lisa los trombos y se introduce mediante un catéter por la vena femoral o por la vena yugular, en este caso atravesando la aurícula derecha.

SISTEMA VENOSO ÁCIGOS (Fig. 15-43)

El sistema venoso ácigos constituye un importante sistema anastomótico entre las venas cavas superior e inferior; ade-

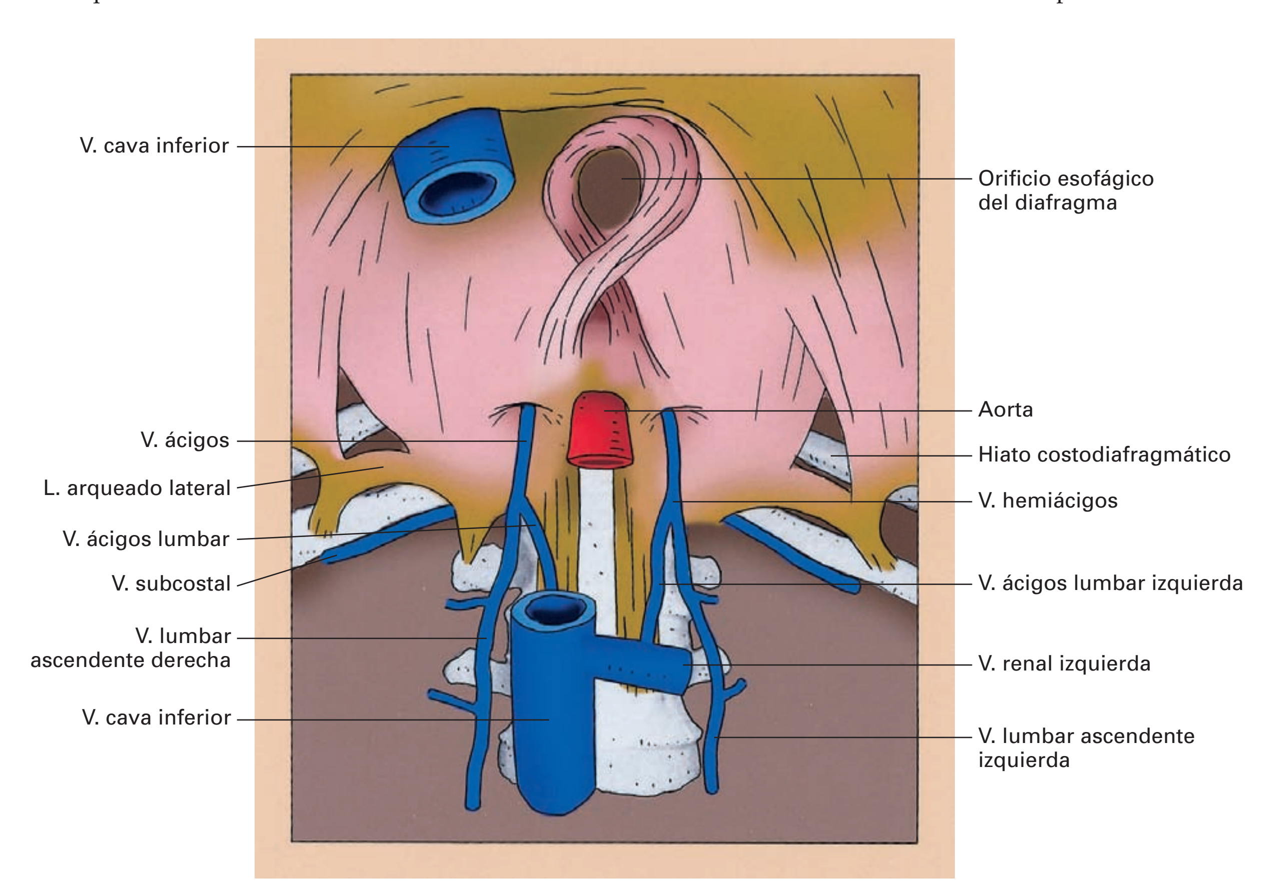


Figura 15-44. Origen de las venas ácigos y hemiácigos.

más, contribuye a recoger la sangre de las paredes toracoabdominales y de algunos órganos mediastínicos. Está formado por las venas ácigos, hemiácigos y hemiácigos accesoria.

La obstrucción de las venas cavas permite una importante circulación colateral por las venas de este sistema por ser una vía de intercomunicación.

Vena ácigos

Origen (Fig. 15-44)

La **vena ácigos** (*vena ácigos mayor*) se forma en la parte baja del tórax por la fusión de la **vena lumbar ascendente derecha** y un tronco venoso que procede de la cara posterior de la vena cava inferior denominado **vena ácigos lumbar**.

Ambos vasos se unen a la altura de la vertiente izquierda de T-12. La vena ácigos lumbar sube por delante de los primeros cuerpos vertebrales lumbares y atraviesa el pilar derecho del diafragma.

Debe señalarse que el origen de la vena ácigos es muy variable; en muchas ocasiones, la vena lumbar ascendente se fusiona con la vena subcostal en el extremo interno de la 12.ª costilla derecha y se forma un vaso grueso (*raíz externa de la ácigos*) que es el que se une a la vena ácigos lumbar.

Situación y trayecto (véase Fig. 9-36)

La vena asciende por la parte profunda del **mediastino posterior** adosada a la vertiente derecha de los cuerpos vertebrales; al llegar a la altura de la cuarta vértebra torácica, se arquea hacia delante formando el *cayado de la ácigos*, el cual pasa por encima del pedículo pulmonar derecho y desemboca en la cara posterior de la vena cava superior. El cayado de la ácigos se sitúa en el **mediastino superior**.

En su trayecto por el mediastino posterior, la vena ácigos se dispone por detrás del esófago y del pedículo pulmonar derecho, a la derecha del conducto torácico, y por dentro de la pleura mediastínica derecha.

El cayado se dispone entre la pleura mediastínica derecha por fuera (labra un surco en el pulmón), y la tráquea y el esófago por dentro.

Tributarias

La vena ácigos recibes por su vertiente derecha, las **venas intercostales posteriores**, la **vena subcostal** (cuando ésta no ha contribuido a formar su origen) y, a nivel del cayado, la **vena intercostal superior derecha** (véase venas de las paredes del tórax); y por su vertiente izquierda, las **venas hemiácigos** y **hemiácigos accesoria**. Además, drenan en la ácigos las dos **venas bronquiales** y pequeñas **venas viscerales esofágicas**, **pericárdicas** y **mediastínicas**.

La ácigos recibe todas las venas intercostales posteriores derechas excepto la primera, la vena intercostal suprema derecha, que termina en el tronco venoso braquiocefálico derecho.

Vena hemiácigos (Fig. 15-43)

Origen

La **vena hemiácigos** (*vena ácigos menor inferior*) se forma de modo parecido a la vena ácigos. Es, normalmente, el resultado de la fusión de la **vena ácigos lumbar izquierda** con la **vena lumbar ascendente izquierda**. La vena ácigos lumbar izquierda procede de la vena renal izquierda (no de la cava inferior) y atraviesa el pilar izquierdo del diafragma.

Situación y trayecto

Asciende adosada a la vertiente izquierda de los cuerpos vertebrales en el **mediastino posterior**, por detrás de la aorta torácica y a la izquierda del conducto torácico. A nivel de octava vértebra torácica se incurva a la derecha, cruza la línea media y termina en la ácigos.

Tributarias

Recibe las **venas intercostales posteriores izquierdas** de los tres últimos espacios (IX, X y XI) y la **vena subcostal izquierda**.

Vena hemiácigos accesoria (Fig. 15-43)

Origen

La **vena hemiácigos accesoria** (*vena ácigos menor superior*) es el resultado de la fusión de las venas intercostales posteriores izquierdas de los espacios IV a VIII.

Situación y trayecto (véase Fig. 9-37)

El tronco venoso desciende por el lado izquierdo de los cuerpos vertebrales, por fuera y por detrás de la aorta. Finalmente cruza la línea media por delante de T-7 y se une a la vena ácigos. En ocasiones, se anastomosa por arriba con la vena intercostal superior izquierda.

Las venas hemiácigos suelen unirse cerca de su confluencia mediante un puente anastomótico. A veces forman un tronco común de terminación en la vena ácigos.

En suma, las venas hemiácigos reciben todas las intercostales posteriores izquierdas excepto las de los tres primeros espacios (vena intercostal suprema izquierda y vena intercostal superior izquierda, las cuales drenan en el tronco venoso braquiocefálico.

El sistema de la ácigos recibe tributarias viscerales del mediastino posterior y de los bronquios. Las pequeñas **venas esofágicas**, **pericárdicas** y **mediastínicas** van a la ácigos.

Las **venas bronquiales** son, generalmente, dos a cada lado. Las derechas terminan en la ácigos y las izquierdas en la hemiácigos accesoria o en la vena intercostal superior izquierda.

Venas de la columna vertebral

Las venas de la región vertebral constituyen también un importante sistema anastomótico entre las venas cavas superior e inferior. Recogen sangre de las vértebras, la médula espinal y las partes blandas que rodean la columna. Forman una compleja red de *plexos venosos* ampliamente comunicados que se extienden a lo largo de toda la columna vertebral. Drenan en las venas cavas o en las ácigos mediante los afluentes de las venas vertebrales y los ramos dorsales de las venas intercostales posteriores, lumbares y sacras laterales. Comunican con los senos venosos de la duramadre a nivel del agujero occipital. Carecen de válvulas.

Los plexos venosos se sitúan rodeando las vértebras (plexos externos) o en el interior del conducto raquídeo (plexos internos) (Fig. 15-45).

Plexos vertebrales externos

Los plexos vertebrales externos pueden agruparse en anterior y posterior. El **plexo vertebral externo anterior** cubre por delante los cuerpos vertebrales y el **plexo vertebral externo posterior** forma una intrincada red vascular entre los arcos vertebrales y la musculatura espinal.

Plexos vertebrales internos

Los plexos venosos vertebrales internos forman una red en **el espacio extradural del conducto vertebral**, entre la meninge y el hueso. Hay un **plexo vertebral interno anterior** que se dispone por detrás de los cuerpos vertebrales, y un **plexo vertebral interno posterior**, que discurrre por delante de las láminas y los ligamentos amarillos. En cada plexo se pueden distinguir dos conductos longitudinales intercomunicados. Los del plexo anterior se sitúan a los lados del ligamento longitudinal posterior y los del plexo posterior, por delante de las láminas y los ligamentos amarillos.

Los plexos vertebrales internos drenan la sangre de la médula espinal y del conducto raquídeo mediante las **venas intervertebrales** (*venas de conjunción*), las cuales acompañan a los nervios espinales en los agujeros intervertebrales; terminan en las venas vertebrales, intercostales posteriores, lumbares o sacras laterales.

Los plexos externos e internos están anastomosados entre sí mediante las venas intervertebrales, ya mencionadas, y las venas basiovertebrales y perforantes. Las *venas perforantes* atraviesan los ligamentos amarillos.

Las **venas basiovertebrales** son conductos tortuosos que surgen en el tejido esponjoso y hematopoyético de los cuerpos vertebrales. Las venas drenan en el plexo vertebral interno anterior por orificios de la cara posterior del cuerpo vertebral y, en el plexo vertebral externo anterior, por pequeños orificios de la cara anterior del cuerpo vertebral.

Los plexos venosos vertebrales son una vía de diseminación del **cáncer de próstata**. Las células cancerosas pasan del plexo venoso prostático a los plexos vertebrales mediante variables anastomosis venosas dispuestas entre las venas ilíacas y las venas vertebrales. Por esta vía se producen metástasis óseas en las vértebras.

DISPOSICIÓN GENERAL DE LA CIRCULACIÓN PULMONAR

Como ya se han mencionado, el círculo pulmonar o menor está al servicio de la *hematosis* (véase organización general del aparato circulatorio). Está formado por las arterias pulmonares, los capilares del pulmón y las venas pulmonares. La distribución y organización de los vasos dentro de los pulmones se describe con el aparato respiratorio. Aquí, únicamente hacemos consideración del trayecto extrapulmonar.

ARTERIAS PULMONARES

Las arterias pulmonares conducen sangre pobre en oxígeno y rica en anhídrico carbónico desde el ventrículo derecho del corazón a los pulmones. Hay dos arterias pulmonares, derecha e izquierda, resultantes de la división del tronco pulmonar.

Tronco pulmonar (Fig. 15-46)

El **tronco pulmonar** es un vaso grueso, de unos 3 cm de diámetro, que nace del ventrículo derecho del corazón con el que comunica a través de la válvula semilunar pulmonar (Figs. 15-8, 15-15 y 15-41). Asciende oblicuamente, de forma que primero pasa por delante y luego por la izquierda de la porción ascendente de la aorta. Bajo la concavidad del arco aórtico se divide en forma de «T» en dos ramas terminales: las arterias pulmonares derecha e izquierda (véase Fig. 9-30 y Fig. 15-11).

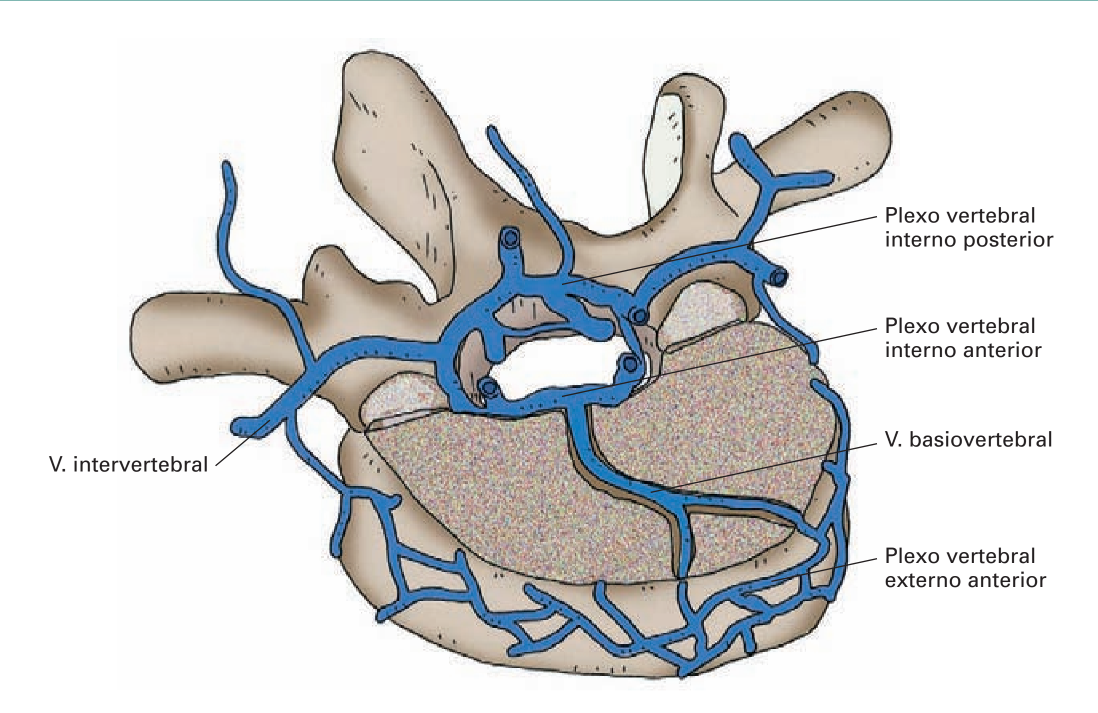


Figura 15-45. Esquema de los plexos venosos vertebrales. El cuerpo vertebral ha sido seccionado para observar el sistema de las venas basiovertebrales.

El tronco pulmonar es intrapericárdico; forma, junto con la aorta ascendente, el *pedículo arterial* del pericardio. Ambos vasos estén envueltos por un tubo común de pericardio seroso (Fig. 15-34). A través del pericardio, (el tronco pulmonar se relaciona por delante con la orejuela derecha; a la izquierda y por delante con la orejuela izquierda; entre las orejuelas auriculares y el tronco arterial discurren las porciones de origen de las arterias coronarias; por detrás, se encuentra el seno transverso del pericardio, el cual lo separa de la aurícula izquierda.

La bifurcación del tronco está unida al cayado de la aorta por el **ligamento arterioso**, un resto atrofiado del primitivo **conducto arterioso** del feto (Figs. 15-11 y 15-15). El conducto arterioso comunica, en la etapa prenatal, el tronco pulmonar con la aorta evitando de este modo el paso de sangre por los pulmones.

El conducto arterioso se atrofia poco después del nacimiento. En un primer momento, al nacer, el conducto se cierra por contracción de la musculatura lisa de su pared; progresivamente, la túnica íntima se engruesa por proliferación de tejido conectivo y la luz se cierra. Si el conducto no se atrofia, la persistencia de la comunicación aortopulmonar provoca que pase sangre oxigenada de la aorta a la pulmonar (por la mayor presión existente en el círculo mayor) y siga llegando continuamente a los pulmones. Este hecho sobrecarga el círculo menor y resta sangre a todos los órganos dependientes de la circulación sistémica. El ventrículo derecho se hipertrofia porque tiene que bombear sangre en un círculo cada vez más sobrecargado.

El tronco pulmonar se *proyecta* en la superficie torácica sobre la zona paraesternal del segundo espacio intercostal izquierdo (Fig. 15-10), del cual está separado por el borde anterior del pulmón izquierdo y el seno pleural costomediastínico anterior izquierdo.

Arteria pulmonar derecha

(véanse Figs. 9-30, 9-34 y 9-36)

La **arteria pulmonar derecha** se dirige horizontalmente hacia la derecha pasado bajo dos arcos vasculares, el cayado de la aorta y, luego, el cayado de la vena ácigos. En este trayecto se sitúa por delante de la bifurcación traqueal y del bronquio derecho, con el que forma el pedículo pulmonar derecho; por detrás de la aorta ascendente y de la vena cava superior; y por encima del seno transverso del pericardio y la aurícula derecha.

Arteria pulmonar izquierda

(véanse Figs. 9-30, 9-35 y 9-37)

La **arteria pulmonar izquierda** es más corta y delgada que la derecha. Discurre un poco oblicua hacia arriba y hacia la izquierda. Pasa por delante de la aorta descendente y por encima de la aurícula izquierda, y se incorpora al pedículo pulmonar izquierdo colocándose por delante y algo por encima del bronquio izquierdo. El nervio vago

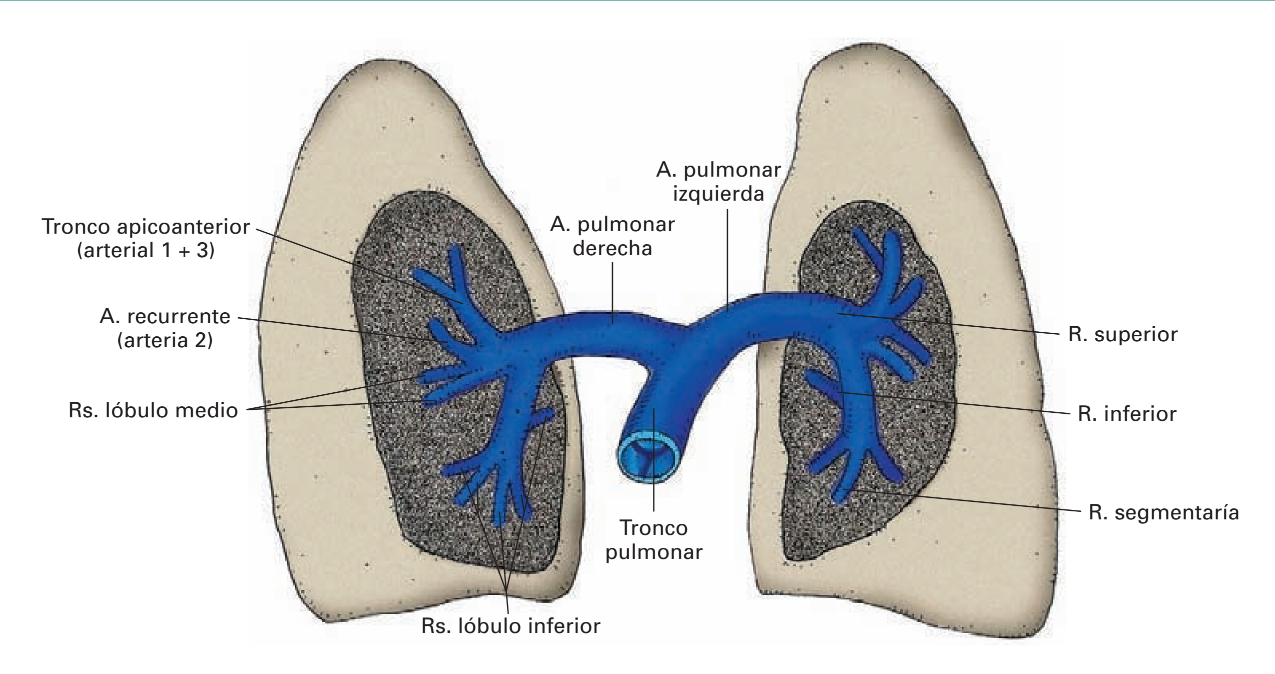


Figura 15-46. Representación esquemática de la arteria pulmonar.

izquierdo, que desciende por delante del cayado de la aorta, se sitúa entre éste y el origen de la pulmonar.

Las arterias pulmonares penetran en los pulmones por el hilio y se dividen en ramas terminales que acompañan a los bronquios segmentarios (véase Fig. 9-38). Antes de entrar en el pulmón, cada arteria se divide en una **rama superior** y otra **inferior**. La rama superior está destinada al lóbulo pulmonar superior y la inferior, en el caso del pulmón izquierdo, al lóbulo inferior y, en el caso del pulmón derecho, a los lóbulos medio e inferior.

VENAS PULMONARES
(véanse Figs. 9-30, 9-34, 9-35, 9-36 y 9-37)

Las **venas pulmonares** conducen la sangre oxigenada en los pulmones a la aurícula izquierda del corazón. No tienen válvulas (Figs. 15-1, 15-8 y 15-12). Nacen en los capilares perialveolares y se unen formando venas progresivamente mayores que caminan por los tabiques intersegmentarios; cada segmento pulmonar drena por una vena segmentaria.

De cada pulmón salen por el hilio dos venas (véase Fig. 9-30). Hay, pues, dos **venas pulmonares derechas**, **superior e inferior**, y dos **venas pulmonares izquierdas, superior e inferior**. Las venas pulmonares inferiores reciben la sangre de los lóbulos inferiores de los pulmones. La vena pulmonar derecha superior drena los lóbulos medio e inferior derechos; la vena pulmonar izquierda superior drena el lóbulo superior izquierdo.

Las venas pulmonares son vasos cortos y gruesos que caminan horizontalmente hacia la parte posterior de la aurícula izquierda, donde entran perforando el pericardio fibroso. En su terminación están envueltas en pericardio seroso y contribuyen a delimitar el seno oblicuo del pericardio (Fig. 15-34). Forman parte de los **pedículos pulmonares**, disponiéndose por delante y por debajo del bronquio respectivo, y por debajo de la arteria pulmonar correspondiente. Las venas pulmonares derechas pasan por detrás de la aurícula derecha y de la vena cava superior, y las venas pulmonares izquierdas lo hacen por delante de la aorta descendente.

En ocasiones, las venas pulmonares izquierdas se fusionan en un tronco único; también puede haber tres venas pulmonares derechas, cada una procedente de un lóbulo pulmonar. Se han descrito *venas pulmonares accesorias* que complementan el drenaje de algún lóbulo.

SISTEMA LINFÁTICO

El sistema linfático forma parte del aparato circulatorio y del sistema imnunitario. En este capítulo lo analizaremos como una parte del aparato circulatorio; sus implicaciones en los mecanismos de defensa del organismo se analizan dentro del sistema inmunitario.

Como integrante del aparato circulatorio, es un sistema especializado que conduce linfa; además, transporta células linfoides entre la sangre y los ganglios linfáticos.

Concepto de linfa

La linfa es el líquido de los vasos linfáticos. Tiene un color claro[25] y es rico en proteínas y en linfocitos. Tiene su origen en el *líquido intersticial* (Fig. 15-47).

[25] Linfa, del latín *lympha* = agua clara.

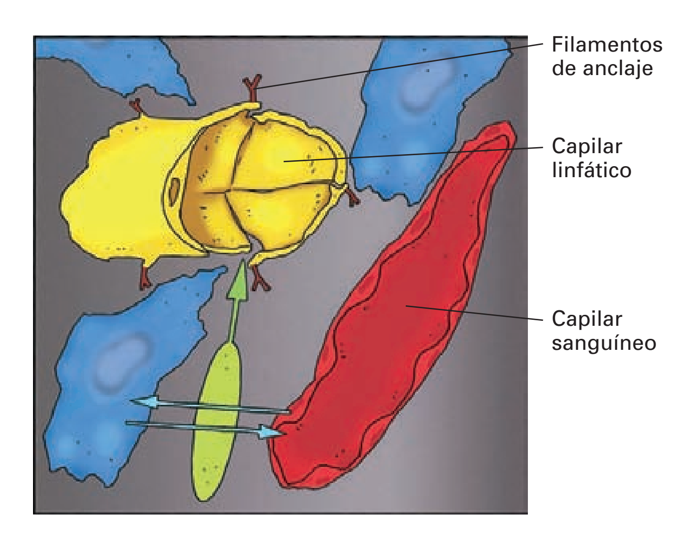


Figura 15-47. Esquema de la formación de la linfa en el origen de los capilares linfáticos. En los tejidos se produce un intercambio de sustancias entre los capilares sanguíneos y las células (flechas azules). Los productos del líquido intersticial que no se reabsorben a la sangre (especialmente proteínas) son reabsorbidos por los capilares linfáticos (verde).

En las redes capilares, el filtrado de sangre a los tejidos excede la cantidad que es absorbida en el extremo venoso del capilar y en las vénulas poscapilares. Ello se debe a que las proteínas pasan del capilar sanguíneo al *líquido intersticial* pero regresan al extremo venoso en muy pequeña cantidad. La dificultad para el retorno de la sangre se debe a la mayor concentración de proteínas en el plasma que en el líquido intersticial, así como a la impermeabilidad del extremo venoso capilar. La retención de proteínas en el líquido intersticial provoca un incremento de *presión oncótica (coloidosmótica)*, lo cual trae como consecuencia un aumento de líquido y de presión intersticial. Este exceso de líquido con proteínas es recogido por vasos especializados, los capilares linfáticos.

La función principal del sistema linfático es conducir de nuevo las proteínas a la sangre y mantener la concentración normal de *líquido intersticial*.

Si el sistema falla se produce la muerte en 24 horas. La obstrucción linfática de un territorio, por ejemplo, por acumulaciones de células tumorales en la luz de los vasos, provoca un aumento de *líquido intersticial*, circunstancia denominada en clínica **edema**. Los edemas se pueden producir también por otras causas, tales como la inflamación de un tejido que altera la permeabilidad de los capilares o la dificultad en el retorno venoso.

CIRCULACIÓN LINFÁTICA

La linfa es transportada al sistema venoso mediante los **vasos linfáticos**[26]. Éstos comienzan en **capilares linfáticos** que se reúnen para formar **colectores linfáticos**. Los vasos colectores linfáticos son progresivamente más gruesos; en su trayecto están intercalados los **ganglios linfáticos**, unas formaciones nodulares agrupadas (Fig. 15-48) que pertenecen al sistema inmunitario (véase Capítulo 13). Los ganglios son un filtro para la linfa, pues allí tienen lugar procesos de destrucción de sustancias tóxicas o bacterias; además, como los ganglios producen **linfocitos**, éstos se incorporan a la linfa. La linfa se depura varias veces, ya que, generalmente, pasa por varios ganglios linfáticos antes de llegar a la sangre. Los vasos colectores linfáticos que entran en los ganglios se denominan **vasos aferentes** y los que salen, **vasos eferentes** (Fig. 15-49).

Los vasos linfáticos pueden ser superficiales y profundos y su disposición en el cuerpo, es enormemente variable. Los **vasos superficiales** están en la dermis y en el tejido subcutáneo; no se pueden sistematizar, pues su trayecto es completamente aleatorio. Drenan la linfa de los territorios superficiales a las fascias profundas. Los **vasos profundos** drenan la linfa de los compartimentos situados bajo las fascias profundas; en general, son satélites de las arterias y venas de las regiones correspondientes.

Por unión progresiva de los vasos linfáticos eferentes se forman los **troncos linfáticos**. Éstos son **lumbares, intestinales, broncomediastínicos, yugulares y subclavios**. Los troncos linfáticos, finalmente, confluyen sobre dos grandes *troncos linfáticos terminales*, el **conducto torácico** y el **conducto linfático derecho**, los cuales se abren en los confluentes venosos de la base del cuello (Fig. 15-50).

Los **vasos quilíferos**[27] son los linfáticos de las vellosidades intestinales. Además de linfa, están especializados en la absorción de grasa (de ahí el aspecto lechoso que presentan después de una comida). Drenan por los troncos intestinales en el conducto torácico.

No hay linfáticos en el sistema nervioso central, la médula ósea, el hueso (sí en el periostio) los tejidos avasculares (córnea, cartílago, uñas, cabello) y el endomisio muscular.

Estructura

Capilares linfáticos (Fig. 15-47)

Los capilares linfáticos son pequeños tubos de pared muy fina y cerrados por su extremo distal. La pared consiste en células endoteliales apoyadas sobre una membrana basal discontinua. No existen complejos de unión entre las células del endotelio, lo que motiva que estos capilares sean muy permeables para las grandes moléculas. Por fuera del

[26] Los vasos linfáticos fueron descubiertos por varios anatomistas durante el siglo XVII. Su nombre se debe a Thomas Bartholin (1616-1680).

[27] Los vasos quilíferos fueron observados en el mesenterio por el anatomista griego Herophilus en el 320 AC durante la práctica de vivisección en criminales. Su descripción fue realizada en 1622 por el anatomista italiano Gaspar Aselli (1581-1626).

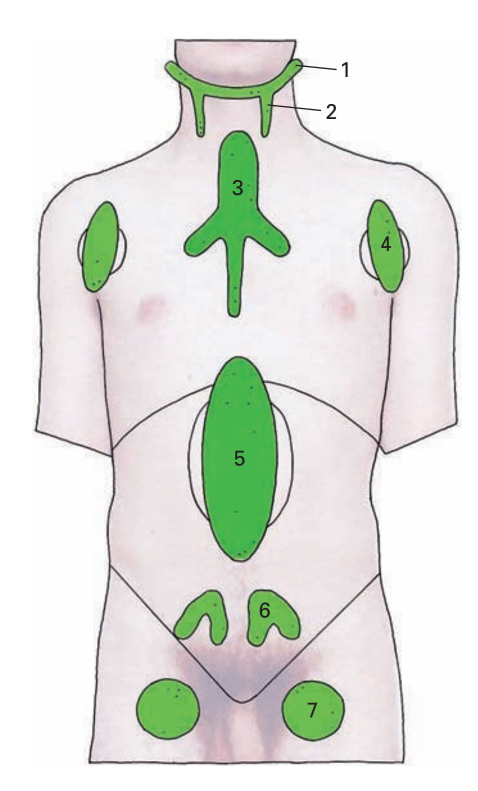


Figura 15-48. Representación esquemática de la situación de los principales grupos ganglionares linfáticos del organismo. 1) Grupo pericervical. 2) Grupo cervical. 3) Grupo torácico. 4) Grupo axilar. 5) Grupo abdominal. 6) Grupo pélvico. 7) Grupo inguinal.

endotelio hay una matriz de tejido conectivo rica en colágeno. Entre la matriz y algunos puntos de las células endoteliales se extienden haces de colágeno denominados **filamentos de anclaje**. Estos filamentos contribuyen a mantener abierta la luz del capilar y facilitar el flujo de líquido intersticial al interior del mismo.

Vasos linfáticos

La pared de los vasos linfáticos es muy fina. Consta de una capa interna formada por células endoteliales rodeada de una membrana basal y una capa de fibras musculares lisas con algo de tejido conectivo. Los vasos más gruesos tienen una pared parecida a las venas organizada en tres capas: *íntima*, formada por endotelio: *media*, con fibras musculares lisas y fibras elásticas; y *externa* , de tejido fibroso. Los troncos linfáticos más gruesos tienen en la capa externa sus propios «vasa vasorum» y algunas fibras nerviosas.

En el interior de los linfáticos hay **válvulas** que les confieren un aspecto de rosario (Fig. 15-48). La porción de un vaso linfático comprendida entre dos dispositivos valvulares es un «segmento valvular» que tiene autonomía funcional. Las válvulas, muy numerosas, impiden el reflujo de linfa.

La obstrucción de los vasos linfáticos causa la **elefantiasis**. La más común es la **elefantiasis filariásica**, una enfermedad tropical producida por las larvas de un parásito que se reproduce y madura dentro de los vasos linfáticos. Las larvas se introducen en el organismo mediante la picadura de mosquitos. El cuadro clínico se caracteriza por una tumefacción enorme de las piernas y los genitales.

Factores que determinan el avance de linfa

La linfa se mueve en el interior de los vasos linfáticos en razón de dos factores principales, la presión del líquido intersticial y la «bomba linfática». En un día se movilizan entre 1 y 3 litros de linfa; el ejercicio aumenta su velocidad de circulación. La «bomba linfática» es un conjunto de mecanismos que hacen progresar la linfa. El primer mecanismo es la contracción autónoma del segmento linfático. La musculatura lisa de la pared de un segmento linfático se contrae de forma refleja cuando la linfa está entre dos válvulas; esta contracción propulsa la linfa al segmento siguiente. Otros mecanismos son extrínsecos: la contracción de la musculatura esquelética, las pulsaciones arteriales y la presión de los tejidos vecinos.

CONDUCTO TORÁCICO (Fig. 15-50)

El **conducto torácico** drena gran parte de la linfa del cuerpo, salvo la procedente de la extremidad superior de-

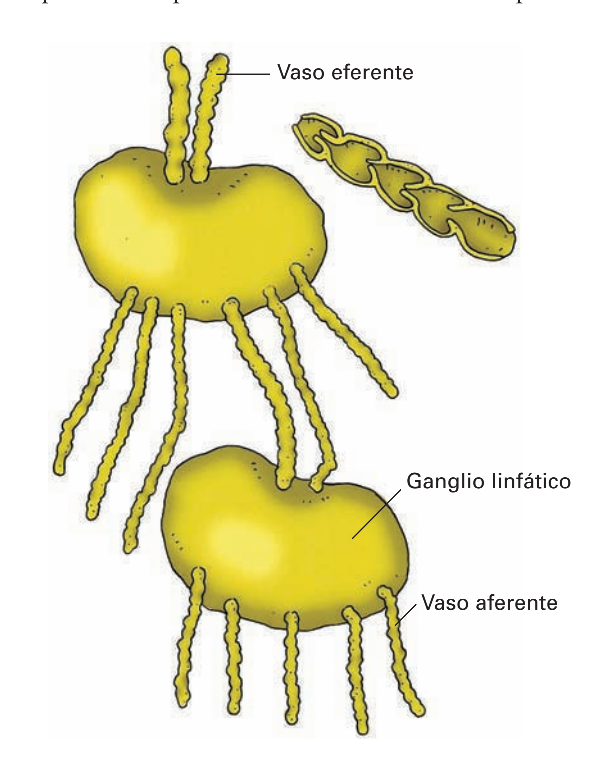


Figura 15-49. Cadenas ganglionares linfáticas con los vasos aferentes y eferentes. Sección de un vaso linfático para mostrar su dispositivo valvular.

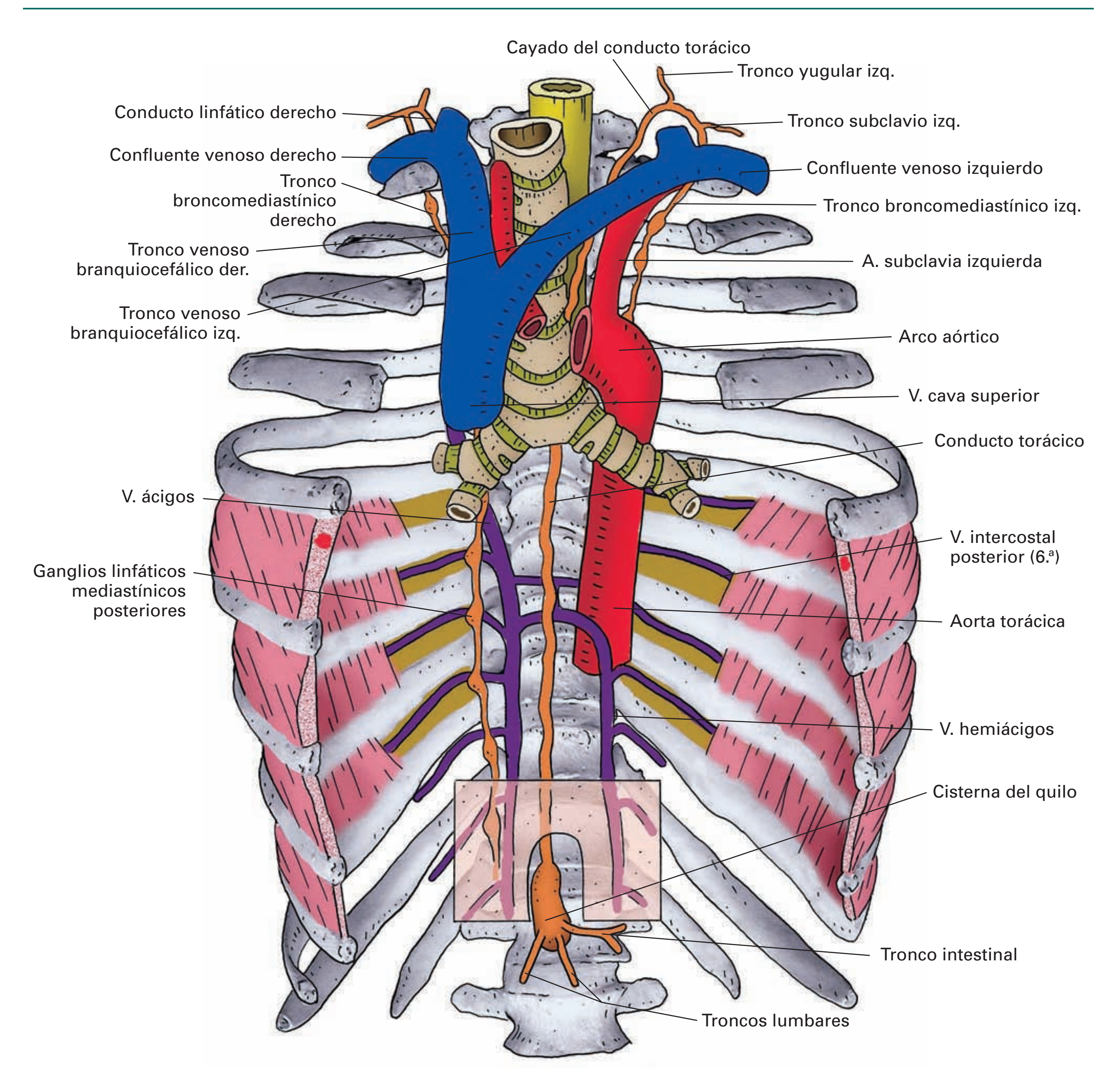


Figura 15-50. Cavidad torácica abierta para mostrar el conducto torácico y los principales troncos linfáticos. El corazón ha sido extirpado. En el mediastino posterior no se ha representado el esófago y la aorta torácica se ha seccionado parcialmente. El recuadro indica la posición del diafragma con el orificio aórtico.

recha, las mitades derechas de la cabeza, el cuello y el tórax (pared y órganos), y una parte del hígado. Tiene una longitud de unos 40 cm y, en ocasiones, puede estar desdoblado en algunos puntos, incluso formar una red que luego converge. Su aspecto es «en rosario» debido a la gran cantidad de válvulas que posee. Es delgado y de paredes finas; su coloración blanquecina dificulta su identificación. Es una importante vía de diseminación de células malignas en los procesos cancerosos.

Origen

El conducto torácico se origina por debajo del diafragma en la **cisterna del quilo**[28] (*cisterna de Pecquet*)[29]. Se trata

[28] Quilo, del griego *chylos* = humor.

[29] El médico francés Jean Pecquet (1622-1674) la describió por primera vez en 1649 en el perro. El sueco Olaus Rudbeck (1630-1702) la describió en el ser humano, un año más tarde, en 1650.

de una dilatación sacciforme linfática situada por delante de la primera y segunda vértebra lumbar, a la derecha de la aorta abdominal, en la profundidad del retroperitoneo primario. La cisterna del quilo se forma, generalmente, por la confluencia de los troncos linfáticos intestinales y dos troncos lumbares.

Los **troncos intestinales** (puede haber de uno a tres)se forman por la confluencia de varios linfáticos eferentes procedentes de los ganglios que recogen la linfa del intestino. Los **troncos lumbares**, **derecho** e **izquierdo**, resultan de la unión de varios eferentes linfáticos procedentes de los ganglios linfáticos lumbares; recogen la linfa de la pelvis, extremidades inferiores, órganos retroperitoneales primarios (riñones, suprarrenales y uréteres), mitad izquierda del colon y gran parte de la pared abdominal.

En numerosas ocasiones, la cisterna del quilo es muy rudimentaria o no existe; en este último caso, el conducto torácico se origina, de muy diversas formas, por la confluencia de los troncos linfáticos mencionados.

Situación y trayecto

El conducto pasa al tórax por el orificio aórtico del diafragma y se sitúa en el **mediastino posterior**. Asciende por delante de la columna vertebral, por detrás del esófago, entre la vena ácigos a la derecha y la aorta torácica a la izquierda.

A nivel de la 5.ª vértebra torácica el conducto penetra en el **mediastino superior**. Asciende inclinándose progresivamente hasta colocarse a la izquierda del esófago; en este trayecto pasa primero por dentro del cayado de la aorta y luego por detrás de la porción intratorácica de la subclavia izquierda.

Al llegar a la **base del cuello** el conducto se arquea formando un cayado por encima de la cúpula pleural izquierda. Primero asciende un poco, y, enseguida, se inclina a la derecha pasando por un desfiladero vascular comprendido entre el paquete vascular del cuello (carótida y vena yugular) por delante y los vasos vertebrales por detrás; finalmente se dirige hacia abajo y hacia delante entre la carótida primitiva y la subclavia izquierda y desemboca en el confluente venoso izquierdo. En su terminación existe una válvula. En ocasiones, el conducto termina mediante dos o tres troncos independientes.

En el tórax el conducto torácico tiene relaciones estrechas con la pleura, en el mediastino posterior con un fondo de saco de la pleura derecha y el mediastino superior con la cara mediastínica de la pleura izquierda.

> Durante la cirugía torácica puede herirse provocando una pérdida de quilo que debe extraerse. Si entra en la pleura, se produce un quilotórax.

Afluentes

Cerca de su desembocadura, el conducto torácico suele recibir el **tronco broncomediastínico izquierdo**, que trae linfa del pulmón, el **tronco yugular izquierdo**, que recoge linfa de la mitad izquierda de la cabeza y del cuello, y el **tronco subclavio izquierdo**, que aporta la linfa del miembro superior. Estos vasos pueden desembocar de forma independiente en el confluente venoso o en sus proximidades.

A lo largo de su trayecto recibe, además, **vasos linfáticos intercostales** procedentes de los seis últimos espacios de ambos lados y de los seis primeros del lado izquierdo.

CONDUCTO LINFÁTICO DERECHO

El **conducto linfático derecho** (*gran vena linfática*) es un vaso muy corto, de 1 cm de longitud, que recoge la linfa de las mitades derechas de la cabeza, cuello y tórax, así como del miembro superior derecho y de parte del hígado (especialmente la zona posterior). Se sitúa en la base del cuello y drena en el confluente venoso derecho. Se forma por la unión del **tronco yugular derecho**, el **tronco subclavio derecho** y el **tronco broncomediastínico derecho**. Los troncos pueden desembocar independientemente, y el conducto linfático derecho puede faltar.

VASOS DE LA CABEZA Y DEL CUELLO

SISTEMA ARTERIAL CAROTÍDEO

El sistema formado por las arterias carótidas[30] es la vía principal de irrigación de la cabeza y el cuello. Vasculariza gran parte del encéfalo, el globo ocular, la superficie de la cabeza, la cara y gran parte del cuello. Las demás estructuras cervicocefálicas son dependientes de la arteria subclavia.

Dicho sistema está constituido por dos **arterias carótidas comunes**, las cuales ascienden a los lados del espacio visceral del cuello y, generalmente, a la altura de las vértebras C3 o C4 se bifurcan en **arterias carótida interna** y **externa**.

La carótida común izquierda se origina directamente de la convexidad del cayado de la aorta, mientras que la carótida común derecha lo hace del **tronco arterial braquiocefálico**. De esta forma, la carótida común izquierda es más larga que la derecha, pues tiene un trayecto intratorácico que es reemplazado, en el lado derecho, por el tronco arterial.

[30] Carótida puede derivar del término griego *kára* = cabeza, pero también se ha relacionado con el término *karoo* = adormecer, caer en sopor. Esta última acepción se fundamenta en la observación, muy antigua, de que su compresión o bloqueo producía un estado de sopor que llevaba a a la apoplejía.

Tronco arterial braquiocefálico
(Figs. 15-40, 15-50 y 15-51)

El **tronco arterial braquiocefálico** es la primera rama de la convexidad del cayado de la aorta. Se dirige oblicuamente hacia arriba, a la derecha y algo hacia atrás. Termina por detrás de la articulación esternoclavicular derecha bifurcándose en arterias subclavia derecha y carótida común derecha.

Es intratorácico en todo su trayecto y se dispone en el **mediastino superior**. El tronco se sitúa: por delante de la tráquea, a la que cruza oblicuamente para ir a buscar, a medida que asciende, su flanco derecho; por detrás del tronco venoso braquiocefálico izquierdo (que cruza casi horizontalmente), el timo y el mango esternal; a la derecha de la carótida común izquierda, de la que progresivamente se va separando, dibujándose entre ambos vasos un espacio triangular cuyo fondo ocupa la tráquea; a la izquierda del tronco venoso braquiocefálico derecho y de la pleura mediastínica.

El nervio vago derecho se dispone por detrás y por fuera del tronco arterial cerca de su bifurcación; los nervios cardíacos del vago suelen discurrir por delante del vaso.

ARTERIAS CARÓTIDAS COMUNES

La arteria carótida común izquierda tiene un segmento intratorácico y un segmento cervical; la carótida común derecha sólo tiene segmento cervical.

Trayecto intratorácico de la carótida común izquierda (Figs. 15-40, 15-51)

La **carótida común izquierda** asciende por el **mediastino superior** hasta el nivel de la articulación esternoclavicular izquierda, punto donde se continúa con el segmento cervical. La disposición del vaso es similar al tronco arterial braquiocefálico, pero en el lado izquierdo. De este modo, la arteria se sitúa entre la tráquea por dentro y el pulmón y la pleura mediastínica izquierda por fuera. En su origen está detrás y a la izquierda del tronco arterial braquiocefálico, del que progresivamente se separa por la presencia de la tráquea. Por delante de la arteria se encuentran el tronco venoso braquiocefálico izquierdo, el timo y el mango del esternón (relación similar a la del tronco arterial); por detrás se disponen la subclavia izquierda y el conducto torácico.

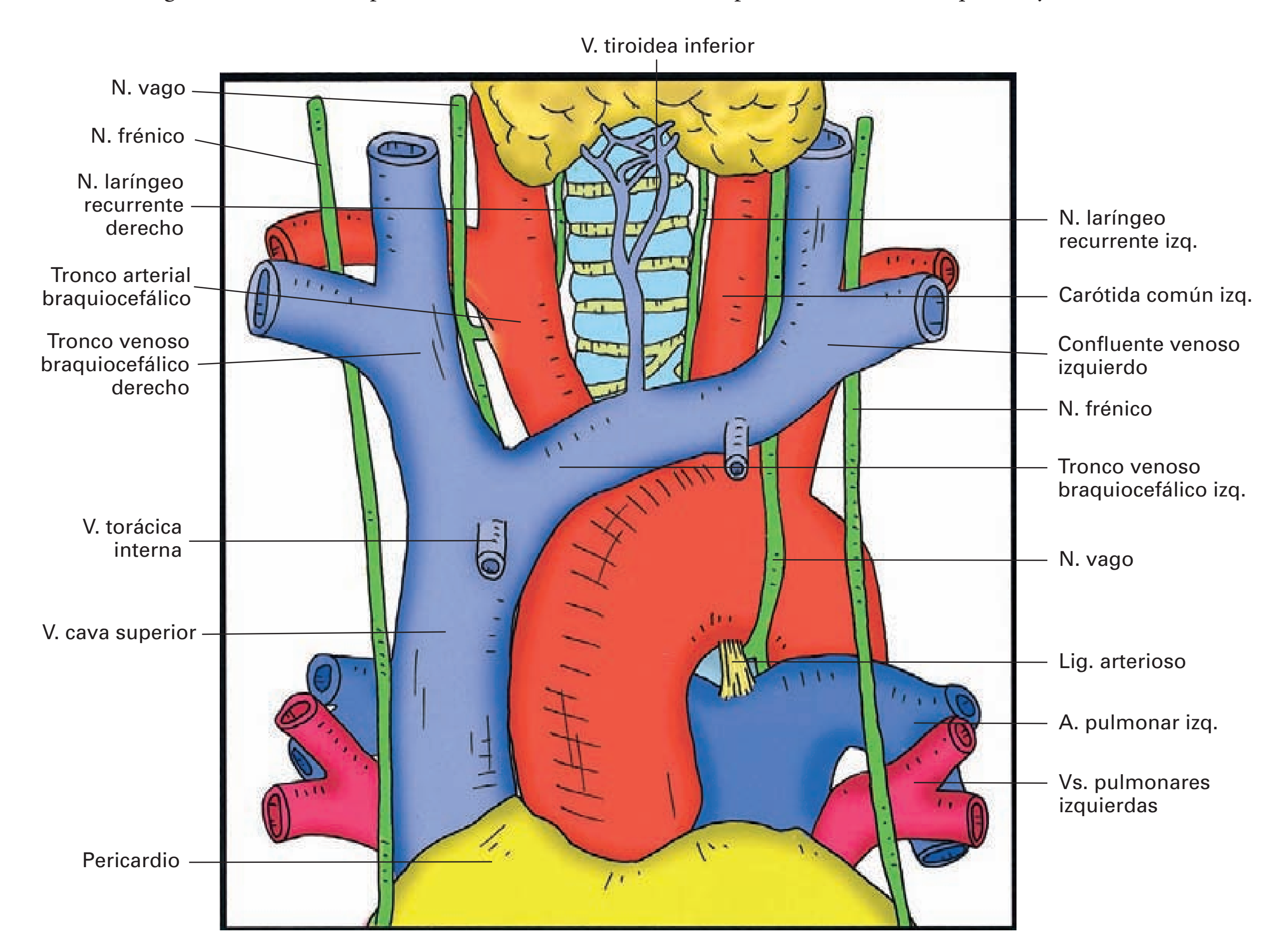


Figura 15-51. Visión anterior de los grandes vasos del mediastino superior.

El nervio vago izquierdo desciende por detrás de la arteria para llegar a la cara anterior del cayado de la aorta, y el nervio frénico izquierdo lo hace por delante y por fuera de la arteria, junto a la pleura. Los nervios cardíacos superiores del vago pasan por delante de la arteria, entre ésta y el tronco venoso braquiocefálico izquierdo.

Segmento cervical de las carótidas comunes

Las **arterias carótidas comunes derecha e izquierda** siguen un trayecto paralelo delimitando entre ellas un espacio cuadrilátero ocupado por las vísceras del cuello. En este trayecto se dispone en la denominada **región esternocleidomastoidea,** hasta llegar a la altura del borde superior del cartílago tiroides, punto donde la arteria se bifurca en carótida interna y externa, y ocupa la región denominada del **triángulo carotídeo**. Suele decirse que la bifurcación de la carótida común se halla generalmente más alta de lo que se supone.

La región esternocleidomastoidea es una especie de «pasillo» de tres paredes: una pared dorsal formada por las apófisis transversas cervicales y la musculatura prevertebral y escalénica tapizada por la hoja profunda de la fascia cervical; una pared medial constituida por las columnas viscerales del cuello envueltas en su vaina conectiva; y una pared anteroexterna formada por el músculo esternocleidomastoideo.

La arteria carótida común forma el eje de este espacio y se encuentra acompañada externamente por la vena yugular interna; ambos vasos están envueltos en una vaina conectiva (**vaina carotídea**), en cuyo interior, y por detrás de los vasos, desciende el nervio vago. Debido al trayecto vertical de la arteria, a medida que asciende se acerca al borde anterior del músculo esternocleidomastoideo, por lo que para descubrirla es suficiente con reclinar el borde de éste. Es preciso recordar que la arteria está inmediatamente por detrás del lóbulo tiroideo corrrespondiente, por delante de la arteria vertebral y por fuera del nervio laringeo recurrente y los ganglios linfáticos paratraqueales, los cuales se disponen a los lados de las columnas viscerales.

El músculo omohioideo cruza la arteria por delante, profundamente al esternocleidomastoideo y divide el segmento cervical del vaso en dos porciones: *porción inferior*, entre el músculo y la articulación esternoclavicular, y *porción superior*, en continuidad con el **triángulo carotídeo**.

La porción inferior es una zona peligrosa desde el punto de vista de su abordaje quirúrgico dada su proximidad a otros grandes vasos. En la porción del triángulo carotídeo se pueden palpar las pulsaciones de la arteria y es el lugar más indicado para su abordaje quirúrgico. El pulso se palpa a nivel del borde anterior del músculo esternocleidomastoideo, en profundidad y a los lados de la parte alta del cartílago tiroides. En casos de graves hemorragias, la arteria puede comprimirse en este punto haciendo presión contra las apófisis transversas cervicales.

ESTRUCTURAS ESPECIALIZADAS DE LA BIFURCACIÓN CAROTÍDEA

A nivel de la bifurcación de la carótida común hay dos grupos de receptores sensoriales especializados de gran importancia: los barorreceptores del **seno carotídeo** y los quimiorreceptores del **cuerpo carotídeo** (Fig. 15-52).

Seno carotídeo

El **seno carotídeo** es una dilatación de la porción terminal de la carótida común que invade también la porción inicial de las dos ramas de bifurcación, especialmente la carótida interna. A este nivel, la pared tiene muy pocas fibras musculares y contiene **barorreceptores** que regulan la presión arterial. Existen otros barorreceptores en las paredes de las grandes arterias, especialmente en el arco aórtico, pero el grupo de barorreptores carotídeos es fisiológicamente el más importante. Los barorreceptores son terminaciones nerviosas libres, de aspecto arboriforme, localizadas entre las fibras de colágeno de la adventicia arterial. Las terminaciones barorreceptoras son el extremo más distal de fibras sensoriales mielínicas (aferentes) que viajan en el nervio del seno carotídeo (rama del glosofaríngeo) y que pertenecen a neuronas que tienen su soma en el ganglio petroso. Funcionalmente, se estimulan por cambios de tensión en la pared arterial (en la pared del seno carotídeo) producidos por variaciones de la presión arterial. El objeto es provocar una respuesta refleja que ajuste la presión.

Las señales que estimulan estas terminaciones son transmitidas al bulbo raquídeo por el nervio glosofaríngeo. En el bulbo estimulan o inhiben el núcleo dorsal del vago y el «centro vasoconstrictor del bulbo».

Si la presión aumenta, se produce de manera refleja una excitación vagal con lentificación de la frecuencia cardíaca y una inhibición de la actividad simpática vasoconstrictora sobre las arterias periféricas. Si la presión tiende a descender, al ponerse de pie tras estar un tiempo en decúbito, se produce un aumento de la actividad del «centro vasoconstrictor», que corrige inmediatamente la disminución de presión mediante una descarga simpática que contrae las arteriolas y las venas y acelera el corazón aumentando su fuerza de contracción.

Los golpes en la zona del seno carotídeo (un puñetazo durante un combate de boxeo) provocan un reflejo inmediato de caída brusca de la tensión arterial e incluso de parada cardíaca, debido a una descarga vagal muy intensa.

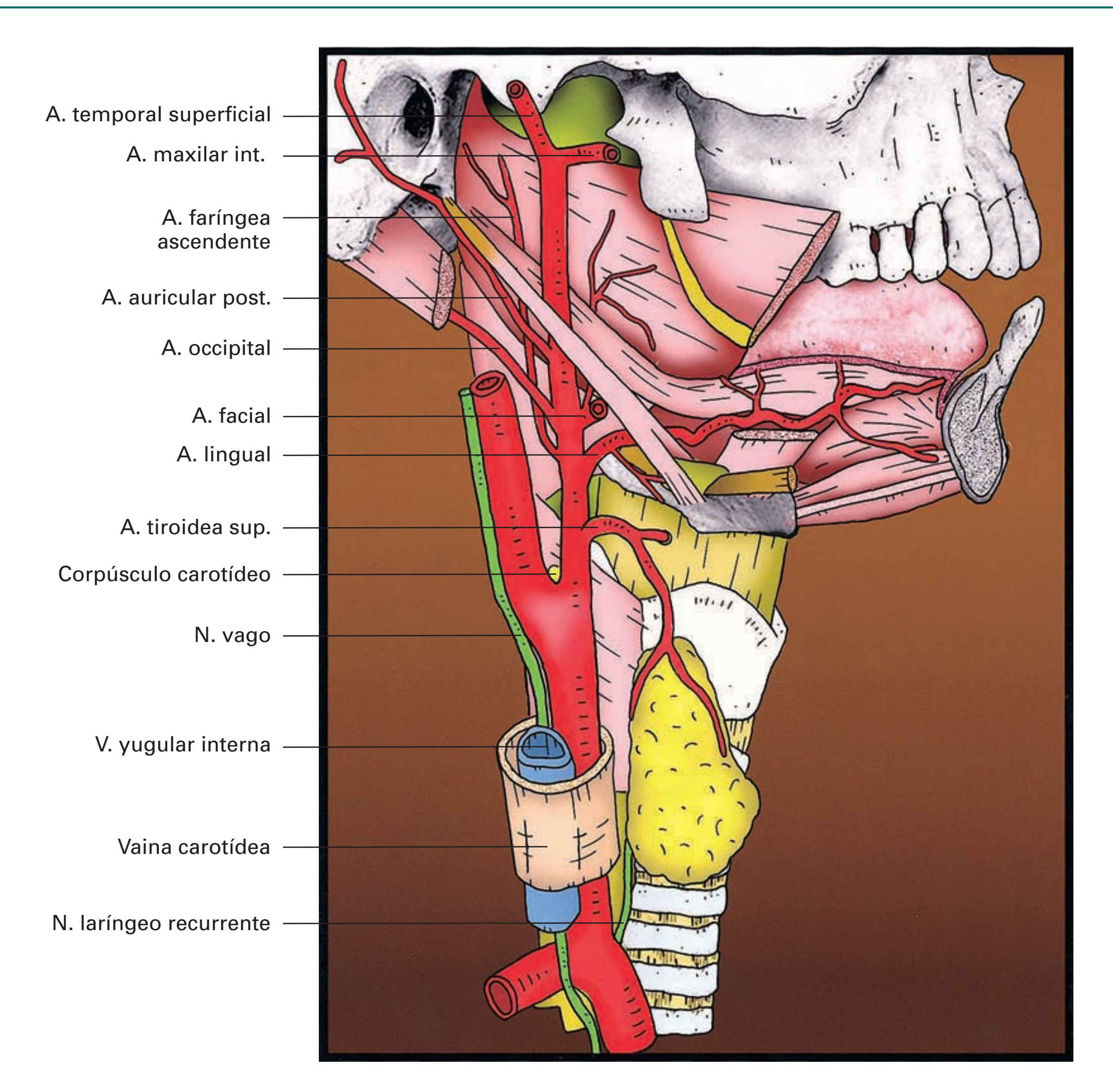


Figura 15-52. Visión lateral de las arterias carótidas. La arteria carótida interna ha sido seccionada antes de su entrada en el espacio retroestiloideo. La vaina carotídea ha sido abierta.

Síndrome del seno carotídeo. Algunas personas, preferentemente ancianas, pueden presentar hipersensibilidad de los barorreceptores, producida en realidad por una disminución de la distensibilidad de la pared del seno carotídeo. La falta de distensibilidad de la pared arterial provoca que pequeñas deformaciones de la misma se transmitan íntegramente a las terminaciones nerviosas barorreceptoras causando su activación brusca y una descarga vagal muy intensa. En estas circunstancias, la compresión del seno por un cuello de camisa apretado o por palpación, o, incluso el giro brusco de la cabeza, puede desencadenar una pérdida brusca y transitoria del conocimiento (síncope).

Cuerpo carotídeo

El **cuerpo carotídeo** (**glomus carotídeo**) es un órgano muy pequeño (2-5 mm) localizado en la horquilla de la bifurcación carotídea que actúa como un **quimiorreceptor** sensible a los cambios en la composición química de la sangre. Está envuelto en un tupido tejido conectivo adherido a la adventicia y a la vaina de las carótidas.

Estructura

El cuerpo carotídeo está formado por **islotes celulares** denominados *glomérulos* o *glomus* separados por tabiques de tejido conectivo, los cuales convergen en la superficie del órgano para formar una cápsula de envoltura. En la trama conectiva hay gran cantidad de vasos sanguíneos que establecen una relación íntima con los islotes celulares; aproximadamente un tercio del cuerpo carotídeo está ocupado por capilares y vénulas y el flujo sanguíneo es muy alto. Haces de fibras nerviosas sensitivas y fibras y neuronas vegetativas completan la estructura.

Los islotes celulares están constituidos por dos tipos de células derivadas de la cresta neural del embrión: las células **quimiorreceptores** o **células tipo I** y las **células sustentaculares o tipo II**. Las células quimiorreceptores establecen contacto con las fibras nerviosas sensoriales ocupando una posición estratégica entre la sangre y las neuronas. Las células sustentaculares forman una envoltura incompleta para las células quimiorreceptores; su papel funcional es de soporte, similar al de la glía en el sistema nervioso.

Vascularización

El cuerpo carotídeo recibe una o dos pequeñas arterias procedentes de la carótida común.

Las arteriolas terminales dan origen en el interior del órgano a dos tipos de capilares en contacto con los islotes: capilares de tipo I con endotelio fenestrado y de tipo II no fenestrados. Las vénulas confluyen sobre un denso plexo vascular situado en la superficie del órgano del cual parten dos pequeñas venas que terminan en la yugular interna. Hay anastomosis arteriovenosas que permiten mantener un flujo constante de sangre en cualquier circunstancia.

Inervación

La inervación del cuerpo carotídeo tiene gran importancia, pues es la base de un mecanismo reflejo para controlar la ventilación pulmonar. Está inervado por fibras aferentes de carácter sensorial y por fibras vegetativas simpáticas y parasimpáticas.

Las **fibras aferentes** proceden, al igual que las barorreceptoras, del nervio del seno carotídeo. Son prolongaciones axónicas periféricas de neuronas situadas en los ganglios superior e inferior del nervio glosofaríngeo y cuyas prolongaciones centrales alcanzan por este nervio el «centro respiratorio». Las fibras establecen sinapsis con las células quimiorreceptoras y se comportan como fibras sensoriales.

Las **fibras simpáticas** («fibras ganglioglomerulares») pueden ser posganglionares (la mayoría) o preganglionares. Las fibras posganglionares proceden del ganglio cervical superior. Las fibras preganglionares provienen de la cadena cervical y hacen sinapsis sobre neuronas simpáticas intraglómicas localizadas en la superficie del órgano. Estas fibras liberan *adrenalina* e inervan los vasos sanguíneos. Se han descrito en varios mamíferos terminales simpáticas preganglionares sobre las células quimiorreceptoras y otras posganglionares que terminan libremente en las proximidades de los islotes.

Las **fibras parasimpáticas**, escasas, son preganglionares, proceden del vago y se anastomosan al nervio del seno carotídeo para penetrar en el órgano. Hacen sinapsis sobre unas pocas neuronas del interior del cuerpo carotídeo. Las fibras posganglionares parecen terminar también sobre vasos sanguíneos.

Función

Las células quimiorreceptoras detectan la presión de O_2 y de CO_2 (y el pH) de la sangre, activándose cuando disminuye la presión de O_2, o cuando aumenta la presión de CO_2 (o cuando disminuye el pH). La activación de las células quimiorreceptoras produce un aumento de liberación de neurotransmisores y la consiguiente activación de las fibras aferentes quimiorreceptoras del nervio glosofaríngeo.

La proyección central del glosofaríngeo termina en el núcleo del tracto solitario, y tras una o más estaciones sinápticas los impulsos de las fibras quimiorreceptoras alcanzan «los centros respiratorios o controladores troncoencefálicos de la respiración» para, en último término, provocar una hiperventilación que aumente el O_2 y disminuya el CO_2 en sangre. De esta forma, el cuerpo carotídeo contribuye de forma decisiva a controlar la composición química de la sangre tratando de mantener una disponibilidad adecuada de O_2 para todo el organismo.

Hay otro grupo de quimiorrecptores dispersos por el arco aórtico denominados **cuerpos aórticos** (véase Cayado de la aorta). Las fibras aferentes viajan por el vago al centro respiratoio.

Su función es parecida a la del cuerpo carotídeo, pero distinta: el cuerpo carotídeo se activa en respuesta a una hipoxia hipóxica (disminución de la presión arterial de O_2) y los cuerpos aórticos se activan en respuesta a una hipoxia anémica (disminución del contenido de O_2 en la sangre). El efecto reflejo también es distinto: la activación de los cuerpos aórticos produce efectos cardiovasculares (aumento de frecuencia cardíaca) y no respiratorios. Por eso, cuando éstos se extirpan desaparece la capacidad de respuesta ventilatoria a la hipoxia

ARTERIA CARÓTIDA EXTERNA

La **arteria carótida externa** vasculariza la cara, las partes blandas de la cabeza, gran parte del cuello y de las vísceras cefalocervicales, y las meninges. Una línea oblicua extendida desde el occipucio a la unión laringotraqueal establece el límite entre el territorio cervical de la carótida externa y el de la subclavia; la parte del cuello por encima de la línea es territorio de la carótida externa.

La arteria se extiende desde la bifurcación carotídea hasta la altura del cuello de la mandíbula, donde, en el interior de la parte alta de la parótida, se divide en dos ramas terminales: las **arterias temporal superficial** y **maxilar**.

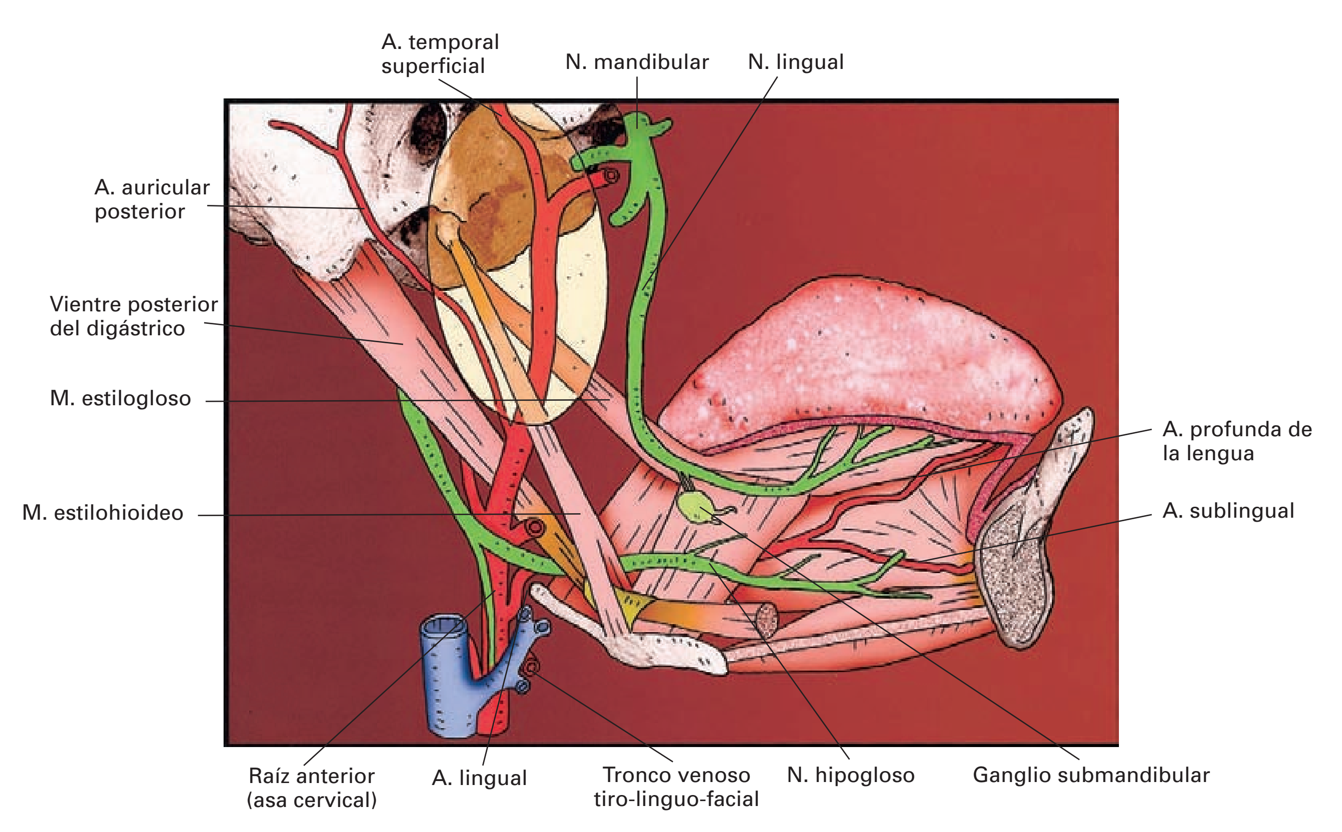


Figura 15-53. Representación esquemática del trayecto de la arteria carótida externa. La glándula parótida (círculo amarillo) ha sido transparentada.

Durante su recorrido, la arteria se adelgaza progresivamente debido a las numerosas colaterales que emite; este hecho la diferencia de la carótida interna que no da ningún ramo colateral en el cuello. La arteria se *proyecta* en la superficie por una línea que va del vértice del asta mayor del hioides al lóbulo de la oreja constituyendo una referencia para la cirugía.

Situación y trayecto (Figs. 15-52 y 15-53)

La carótida externa tiene un segmento inferior, cervical, situado en el **triángulo carotídeo** y un segmento superior, cefálico, ubicado en la **región parotídea**. El límite entre ambos segmentos es el vientre posterior del digástrico, que cruza oblicuamente por fuera de la arteria.

Segmento del triángulo carotídeo

La carótida externa sube por delante de la carótida interna y tiende a situarse por fuera de ésta, siempre adosada a la pared de la faringe. Se dispone entre el constrictor inferior por dentro y el borde anterior del esternocleidomastoideo por fuera; si se abre la hoja superficial de la fascia cervical y se reclina el esternocleidomastoideo, se aborda inmediatamente la arteria por debajo del ángulo de la mandíbula. Está cruzada externamente por el nervio hipogloso y el tronco venoso tirolinguofacial que drena en la yugular interna.

> La ligadura de la carótida externa se realiza en este segmento. Se practica en casos de hemorragia grave de la cara o como preparación para las intervenciones radicales de boca, lengua o faringe. Se efectúa inmediatamente por encima de la arteria tiroidea superior.

En el tránsito hacia la parótida, la arteria se encuentra con el **diafragma musculofascial de los estíleos**; atraviesa este diafragma por la «pinza estílea», entre el músculo estilohioideo por fuera y el estilofaríngeo por dentro y penetra en la glándula. El nervio glosofaríngeo cruza medialmente a la carótida externa.

Segmento parotídeo

La arteria asciende en la celda parotídea primero por dentro de la glándula, junto a la faringe, y luego, generalmente en su espesor rodeada de lobulillos glandulares. Es la estructura más profunda de las que atraviesan la parótida y se dispone medialmente a la vena retromandibular y las ramas terminales del nervio facial.

RAMAS COLATERALES

En la mayoría de los casos, la carótida externa da origen a seis ramas, aunque las variaciones son frecuentes. De caudal a craneal nacen las siguientes arterias: **tiroidea superior**, **lingual**, **facial**, **faríngea ascendente**, **occipital** y **auricular posterior**.

Arteria tiroidea superior (Fig. 15-52)

La **arteria tiroidea superior** irriga la laringe y la glándula tiroides. Nace por encima de la bifurcación carotídea, se dirige hacia delante y hacia abajo formando un arco bajo el hioides y alcanza el polo superior de los lóbulos tiroideos. En este trayecto se dispone por fuera del constrictor inferior y oculta al principio por el esternocleidomastoideo y luego por los infrahioideos envueltos en la hoja pretraqueal. Se relaciona íntimamente con la terminación del nervio laríngeo superior.

Vasculariza la glándula tiroides mediante una rama anterior y otra posterior. La **rama anterior** desciende por la superficie anterointerna de la glándula hasta el istmo, donde generalmente se une a la del lado opuesto. La **rama posterior** discurre por detrás del lóbulo tiroideo. Se anastomosa ampliamente con la tiroidea inferior, rama de la subclavia.

Da *ramas colaterales* destinadas a la laringe y a los músculos vecinos.

Las ramas laríngeas son: la arteria laríngea superior y el ramo cricotiroideo. La **arteria laríngea superior** perfora la membrana tirohioidea junto con el ramo interno del nervio laríngeo superior, se introduce en el vestíbulo laríngeo y se desliza bajo la mucosa distribuyéndose por los músculos y la mucosa del piso supraglótico. La **rama cricotiroidea** (*arteria laríngea inferior*) desciende por dentro de la glándula tiroides pegada a la laringe hasta el músculo cricotiroideo, al cual irriga; perfora luego la membrana cricotiroidea y se distribuye por la mucosa infraglótica.

Los ramos musculares son el **ramo infrahioideo**, que sigue el curso inferior del hioides por delante de la membrana tirohioidea e irriga los músculos infrahioideos, y la **rama esternocleidomastoidea**, que se hunde en la cara profunda del músculo.

Arteria lingual (Figs. 15-52 y 15-53)

La **arteria lingual** irriga la lengua y el suelo de la boca, incluida la glándula sublingual. Tiene un trayecto flexuoso hacia delante; las flexuosidades son una reserva de elongación frente a las tensiones provocadas por los movimientos de la lengua. Nace por detrás del asta mayor del hioides, por fuera del constrictor medio. Describe un cayado sobre el asta del hioides y se desliza hacia delante y hacia arriba entre el hiogloso por fuera y los músculos constrictor medio y geniogloso por dentro. Tras aparecer por delante del hiogloso, se continúa con su rama terminal, la **arteria profunda de la lengua** (*arteria ranina*), la cual se dirige bajo la mucosa de la cara inferior de la lengua hasta el vértice.

Durante su trayecto, la arteria lingual contrae relaciones importantes con algunos nervios. En su origen, sobre el constrictor medio y antes de abordar la lengua, el nervio laríngeo superior pasa por dentro de la arteria, y el nervio hipogloso cruza hacia delante por fuera de ella. Cuando la arteria penetra en la lengua, el músculo hiogloso se interpone entre la arteria y el nervio hipogloso, que queda por fuera. El nervio lingual acompaña a la arteria profunda de la lengua.

Da las siguientes *ramas colaterales*: el **ramo suprahioideo**, que corre por encima del hioides; los **ramos dorsales de la lengua**, generalmente dos o tres, que se dirigen hacia la base de la lengua bajo el hiogloso y envían también ramos para la epiglotis y la amígdala; la **arteria sublingual**, destinada a la glándula sublingual, al suelo de la boca y a las encías, se desprende de la lingual por delante del hiogloso y penetra en la celda sublingual discurriendo por dentro de la glándula hasta el frenillo. La sublingual suele dar un ramo mentoniano que discurre por la encía de los incisivos.

La lingual presenta numerosas anastomosis con la lingual contralateral y con la facial mediante un ramo perforante que atraviesa el milohioideo y une la sublingual y la submentoniana

> En casos de cáncer de lengua, en los que hay que practicar una resección total o unilateral de la lengua es preciso ligar la arteria lingual. Se escoge la porción inicial del vaso, antes de que emita sus ramas, localizándola, tras reclinar la glándula submandibular, por encima del asta mayor del hioides y por fuera del músculo hiogloso. En ocasiones, la arteria está muy oculta por las venas tributarias de la yugular interna.

Arteria faríngea ascendente (Fig. 15-52)

La **arteria faríngea ascendente** contribuye a vascularizar la faringe, la trompa auditiva, la caja del tímpano y las meninges. Es un vaso delgado que nace cerca de la bifurcación carotídea y asciende por el espacio retroestiloideo adosada a la faringe, entre ésta y el paquete vascular formado por la carótida interna y la yugular interna.

Durante su trayecto emite ramos faríngeos, meníngeos y musculares y la arteria timpánica posterior.

Los **ramos faríngeos** se distribuyen por la pared de la faringe, la trompa auditiva, la amígdala palatina y el velo del paladar; en ocasiones, el ramo para el paladar puede sustituir a la palatina ascendente de la facial.

La **arteria timpánica inferior**, muy delgada, alcanza la caja del tímpano en compañía del nervio timpánico, y se distribuye por sus paredes interna e inferior.

Los *ramos meníngeos* son generalmente dos vasos muy finos, la **arteria meníngea posterior**, que atraviesa el agujero yugular, y, un *ramo innominado* que penetra por el canal del hipogloso. Ambos vasos irrigan la duramadre y el periostio de la fosa craneal posterior y dan ramitos para los nervios craneales adyacentes.

Los *ramos musculares* están destinados a los músculos prevertebrales.

Arteria facial (Figs. 15-54 y 15-55)

La **arteria facial** irriga los músculos y la piel de la cara, la glándula submandibular, la amígdala palatina, la faringe y el velo del paladar. Su territorio faríngeo y palatino puede ser suplido por la faríngea ascendente. Es un vaso de trayecto muy flexuoso para acomodarse a los movimientos de la cara. Se origina, generalmente, por encima de la lingual y discurre entre los músculos de la mímica hasta el ángulo interno del ojo. La porción terminal de la arteria se denomina **arteria angular**.

Desde su origen, la arteria facial se dirige hacia el triángulo submandibular describiendo un asa cóncava hacia abajo, apoyada por dentro sobre la faringe y cubierta externamente por el digástrico y el estilohioideo. El asa facial está próxima al polo inferior de la amígdala palatina.

La arteria contacta con la glándula submandibular colocándose primero por dentro de ella y, luego, dirigiéndose hacia delante y hacia fuera, la cruza por arriba, marcando un surco profundo, para aparecer finalmente bajo el borde inferior de la mandíbula. Cambia entonces de dirección, se hace ascendente, perfora la hoja superficial de la fascia cervical y pasa a la cara inmediatamente por delante del músculo masetero. En este punto, la arteria está cubierta únicamente por el músculo cutáneo del cuello y la piel, por lo que se pueden sentir sus pulsaciones al presionar ligeramente sobre el hueso.

En la cara, la arteria describe un trayecto muy sinuoso; se dirige primero hacia la comisura labial y luego asciende por el surco nasogeniano con el nombre de **arteria angular**, la cual llega al ángulo interno del ojo y se anastomosa con la arteria dorsal de la nariz, rama de la oftálmica. Durante su trayecto por la cara entra en relación con algunos músculos faciales: se apoya sobre el buccinador, el canino y el elevador del labio superior y está cubierta por el cutáneo del cuello, el risorio y los cigomáticos mayor y menor. La vena facial es más rectilínea y discurre por detrás de la arteria. Las ramas terminales de los nervios facial y trigémino se entremezclan con la arteria.

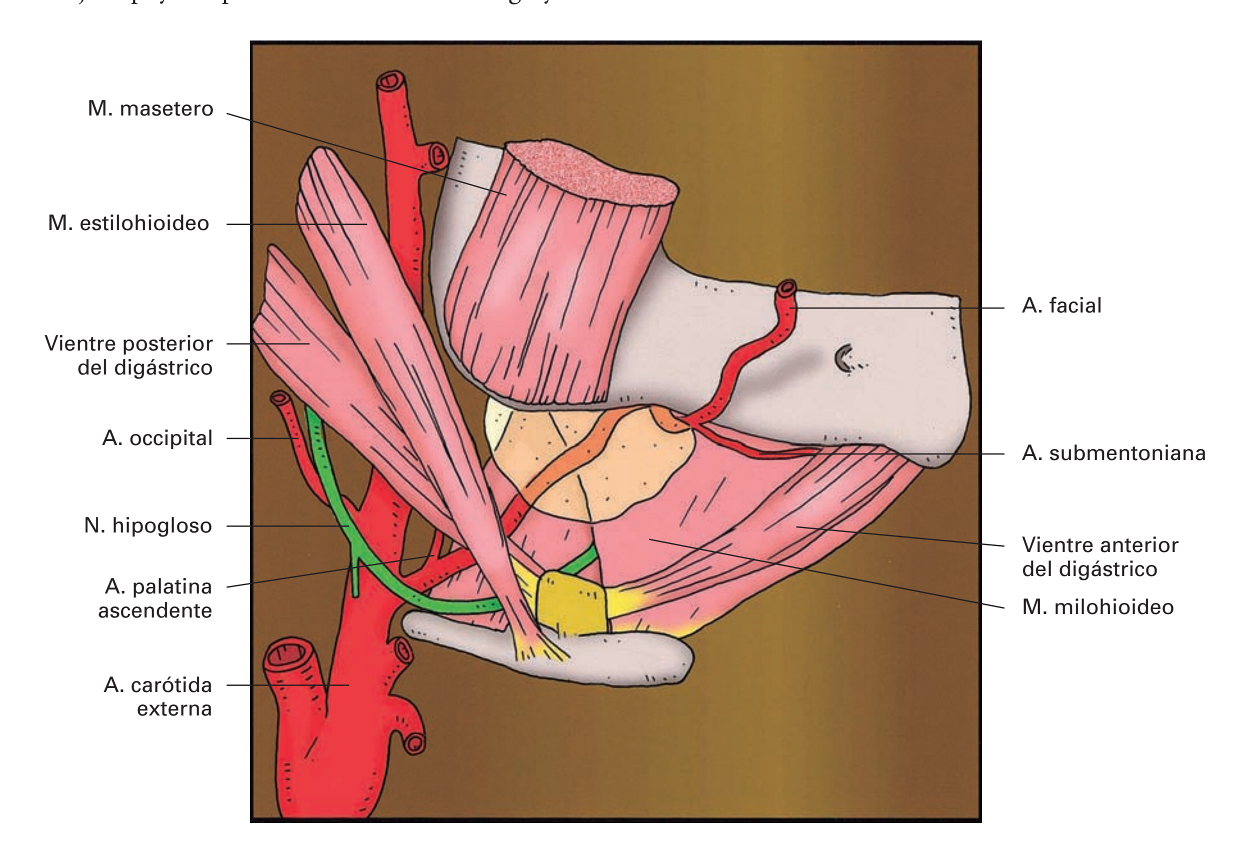


Figura 15-54. Trayecto de la arteria facial en la región del triángulo submandibular. La glándula submandibular ha sido transparentada.

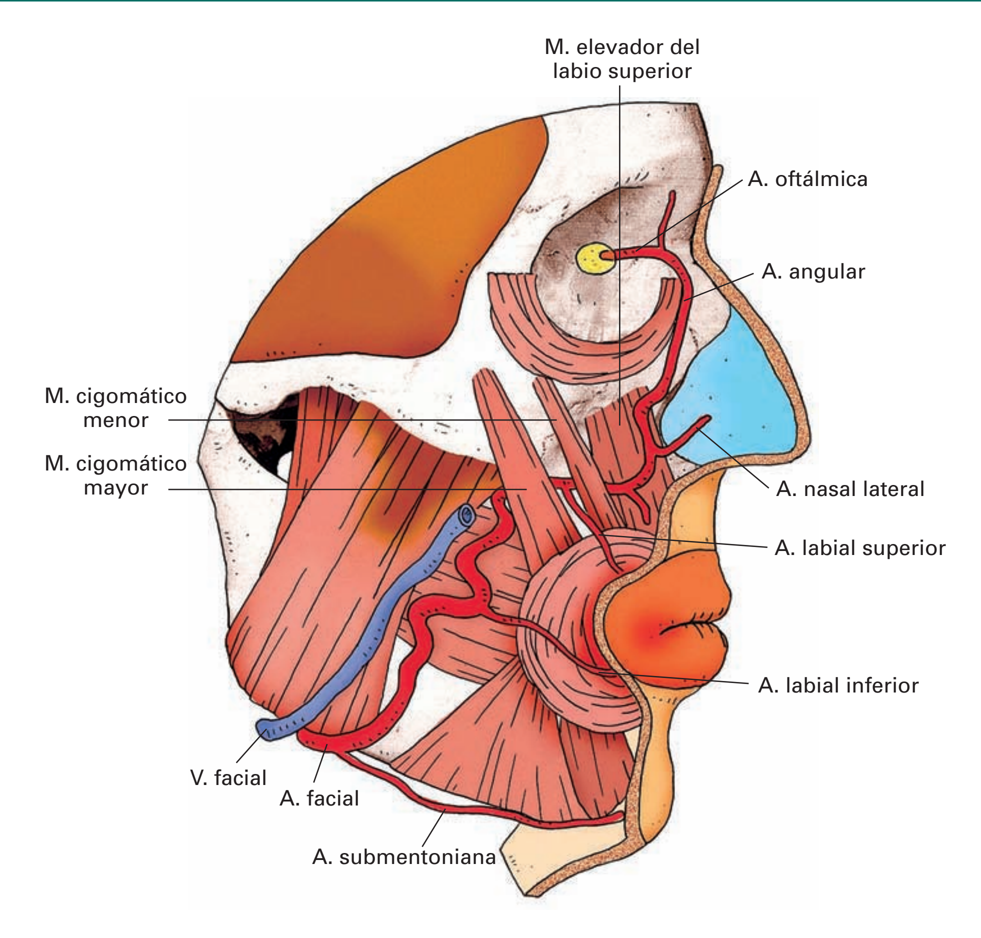


Figura 15-55. Representación esquemática de la arteria facial. El círculo amarillo representa la anastomosis con la arteria oftálmica

La facial emite *ramas colaterales* en el cuello y en la cara. En el cuello da las arterias **palatina ascendente**, y **submentoniana** y los **ramos glandulares**. En la cara proporciona las arterias **labiales superior** e **inferior** y **nasal lateral**.

La **arteria palatina ascendente** nace próxima al origen de la facial, atraviesa el diafragma estíleo entre los músculos estilofaríngeo y el estilogloso, asciende adosada a la faringe por delante de la arteria faríngea ascendente y aborda el velo del paladar entre el cráneo y el constrictor superior. Irriga la faringe y la trompa auditiva. Emite la **rama tonsilar** para la amígdala palatina.

Los **ramos glandulares** son vasos cortos que penetran en la glándula submandibular.

La **arteria submentoniana** se desprende a nivel de la celda submandibular y sigue adelante bajo el borde inferior de la mandíbula y el milohioideo, y alcanza la piel del mentón. Vasculariza el suelo de la boca y el mentón. Se anastomosa con la sublingual y la rama mentoniana de la alveolar inferior.

Las **arterias labiales superior** e **inferior** están destinadas a los labios respectivos; se desprenden a nivel de la comisura labial y se dirigen por el espesor del labio entre el músculo orbicular de la boca y la mucosa. Se unen a las del lado contrario formando una corona arterial a la entrada de la boca.

La labial superior da un **ramo del tabique nasal** que sube por la línea media (filtro) hasta el lóbulo de la nariz y la parte más inferior del tabique. La **rama nasal lateral** se desprende de la angular e irriga el ala y el dorso de la nariz.

Arteria occipital (Figs. 15-52 y 15-56)

La **arteria occipital** irriga el cuero cabelludo de la región occipital, músculos del cuello, las celdas mastoideas y la duramadre de la porción posterior del cráneo.

Se desprende de la vertiente posterior de la carótida externa a la altura de la facial. En su origen es cruzada por el nervio hipogloso. Se dirige hacia el hueso occipital siguiendo el vientre posterior del digástrico y colocándose por dentro del mismo. Alcanza la mastoides donde labra un surco (surco de la arteria occipital) y se dirige hacia la protuberancia occipital externa en contacto con el hueso,

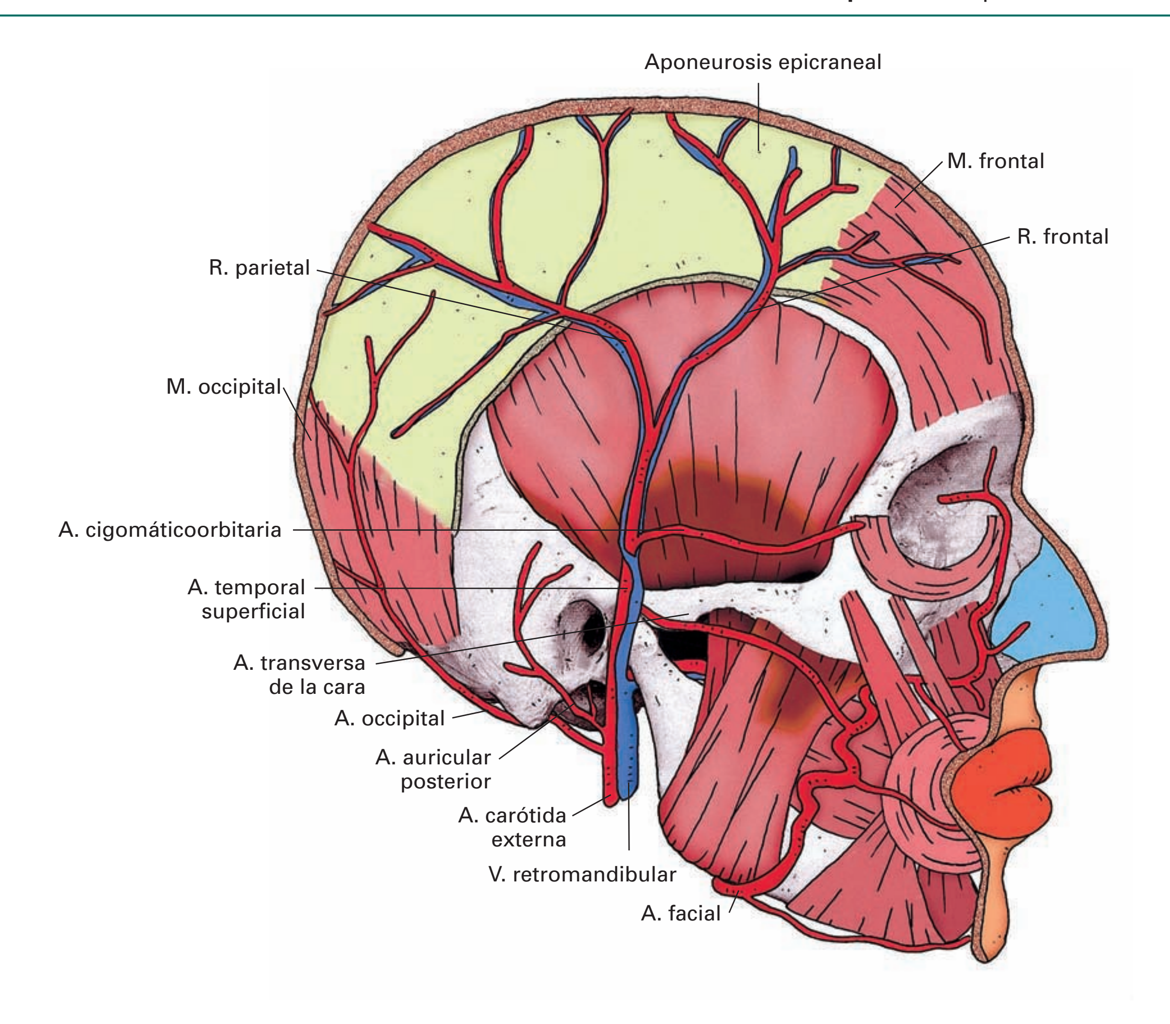


Figura 15-56. Visión lateral del cráneo y de la cara mostrando las arterias temporal superficial y facial.

bajo las inserciones del esplenio. Termina dando **ramas occipitales**, tortuosas, que perforan el trapecio y se distribuyen por la musculatura y el cuero cabelludo del occipucio.

Emite las siguientes ramas colaterales: las **ramas esternocleidomastoideas**, que abordan el músculo por su cara profunda; la **rama descendente**, que se sitúa bajo el esplenio e irriga la musculatura nucal; la **rama mastoidea**, que penetra por el agujero mastoideo y pasa a la fosa craneal posterior para irrigar la duramadre dando ramas a las celdillas mastoideas; el **ramo auricular**, que discurre bajo la inserción del esternocleidomastoideo hacia el pabellón auricular. En ocasiones existe un **ramo meníngeo** que se origina de una rama occipital, perfora el diploe por el agujero parietal e irriga la duramadre de la región parietooccipital.

En la nuca se forma una densa red anastomótica entre la occipital, la auricular posterior, la temporal superficial y las arterias vertebral y cervical profunda, ramas de la subclavia.

Arteria auricular posterior (Figs. 15-52, 15-53 y 15-56)

La **arteria auricular posterior** es la más alta de las ramas colaterales de la carótida externa. Vasculariza el pabellón auricular, el cuero cabelludo y la piel de la región retroauricular, el oído medio e interno, y el nervio facial.

Se dirige hacia arriba y hacia atrás por delante del vientre posterior del digástrico, generalmente atraviesa la parótida (a la que suele dar una rama), aunque puede pasar por detrás, y, finalmente, se hace muy superficial y alcanza el surco entre la mastoides y el pabellón auricular, donde se divide en una **rama auricular** para la oreja y los músculos auriculares y una **rama occipital** para el músculo occipital y la piel y el cuero cabelludo retroauricular.

La auricular posterior da una rama fina e importante, la **arteria estilomastoidea**. Este vaso penetra por el agujero estilomastoideo en el canal facial y acompaña e irriga este nervio hasta la rodilla; emite finos ramos para el oído medio e interno (vestíbulo y conductos semicirculares) y

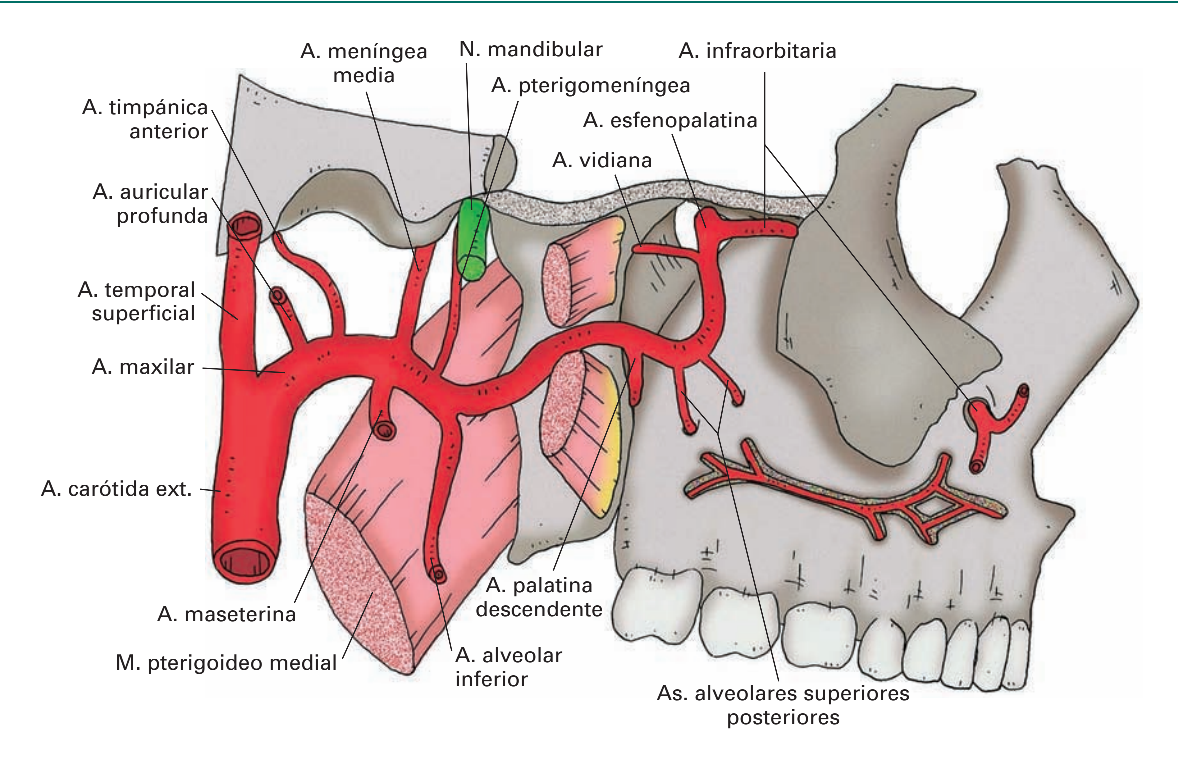


Figura 15-57. Visión lateral de la arteria maxilar. El músculo pterigoideo medial ha sido seccionado cerca de su inserción mandibular, y los dos haces del músculo pterigoideo lateral se han seccionado cerca de su origen. En el hueso maxilar se ha practicado una trepanación para mostrar las anastomosis vasculares entre las arterias alveolares.

emite la **arteria timpánica posterior**, la cual, en compañía de la cuerda del tímpano, alcanza la membrana timpánica y emite el **ramo estapedio** para el músculo del estribo y **ramos mastoideos** para las celdillas de la mastoides.

RAMAS TERMINALES

Arteria temporal superficial
(Figs. 15-53 y 15-56)

La **arteria temporal superficial** está destinada a irrigar las porciones parieto-temporo-frontales del cuero cabelludo, así como la parótida y parte de la cara.

Se origina en la parte alta de la parótida por detrás del cuello del cóndilo de la mandíbula, sale de la glándula y asciende por delante del trago y por detrás de la articulación temporomandibular, apoyada medialmente sobre la raíz posterior de la apófisis cigomática.

> En este punto puede sentirse latir el pulso, pues la arteria es muy superficial; de hecho, es un lugar habitual donde el anestesista controla el pulso del paciente en la mesa del quirófano.

Enseguida se divide en un **ramo frontal** y un **ramo parietal**, los cuales se dividen profusamente e irrigan el cuero cabelludo, la piel de la frente, la aponeurosis epicraneal y los músculos auriculares superior y anterior. Estas ramas se anastomosan entre sí y con las del lado opuesto, además de con la occipital y la auricular posterior.

> Las heridas del cuero cabelludo pueden causar extensas hemorragias, a veces difíciles de contener. Esta arteria plantea también problemas al hacer incisiones del cuero cabelludo con el objetivo de practicar una craneotomía (por ejemplo, en una intervención de un tumor cerebral).

Ramas

Los **ramos parotídeos** que vascularizan la glándula.

Los *ramos articulares* para la articulación temporomandibular.

Las **ramas auriculares anteriores** son pequeños vasos que se dirigen al pabellón auricular y al conducto auditivo externo.

La **arteria temporal media** es un vaso relativamente grueso que se desprende a nivel del arco cigomático, atraviesa la fascia temporal e irriga a este músculo.

Las *ramas faciales* están próximas al arco cigomático y son las arterias transversa de la cara y cigomaticoorbitaria.

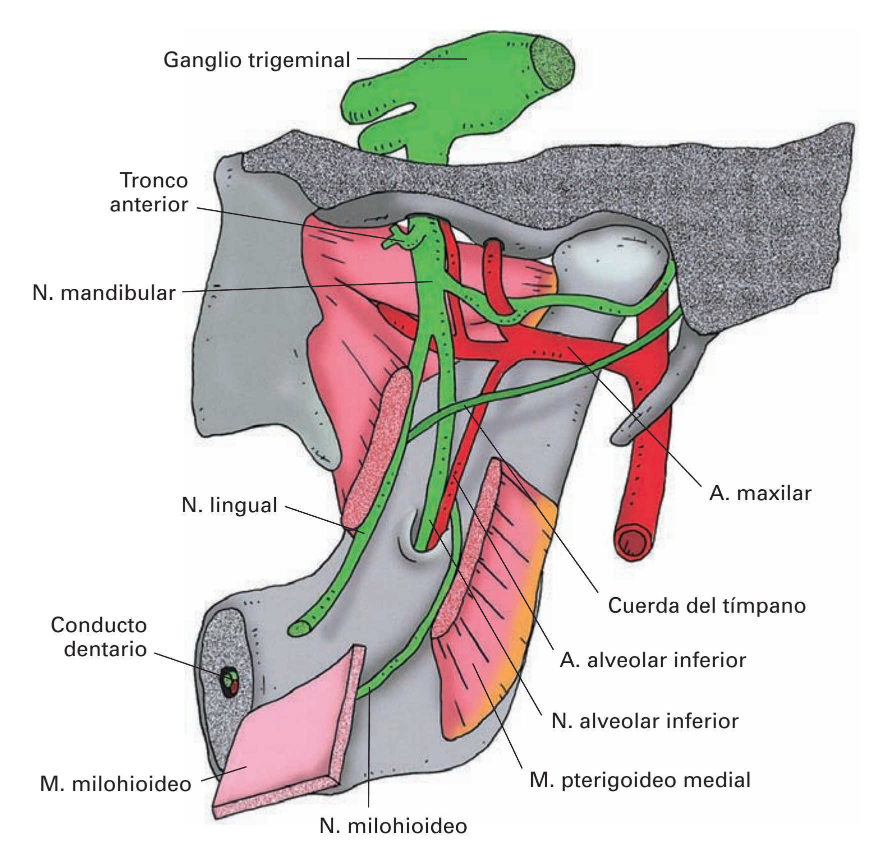


Figura 15-58. Visión medial de la región infratemporal para mostrar el trayecto de la arteria maxilar y sus relaciones con el nervio mandibular. El músculo pterigoideo medial ha sido seccionado parcialmente.

La **arteria transversa de la cara** se dirige hacia la mejilla bajo el arco cigomático, por fuera del masetero. Está acompañada por ramas del nervio facial y por el conducto parotídeo, que se sitúa por debajo. Irriga los músculos y la piel próxima.

La **arteria cigomaticoorbitaria** se dirige hacia el reborde lateral de la órbita por encima del arco cigomático en el espesor de la fascia temporal. Irriga la piel próxima y el orbicular de los párpados.

Arteria maxilar (Figs. 15-52; 15-57 y 15-58)

La **arteria maxilar** es un vaso complejo que contribuye de forma importante a irrigar una zona extensa de la duramadre, las fosas nasales, el seno maxilar, la cara, el paladar, la nasofaringe, la trompa auditiva, la caja del tímpano, el oído externo y el aparato masticador (dientes, músculos masticadores y articulación temporomandibular).

Se origina en el interior de la parótida por detrás del cuello de la mandíbula, se dirige hacia delante formando un ángulo recto con la arteria temporal superficial, penetra en la fosa infratemporal por dentro del cuello del cóndilo y llega a la fosa pterigopalatina, donde da su rama terminal, la arteria esfenopalatina.

En su trayecto, muy flexuoso, se distinguen tres segmentos: mandibular, infratemporal y pterigopalatino.

El *segmento mandibular* es el paso de la parótida a la fosa infratemporal; la arteria discurre inmediatamente por dentro del cuello de la mandíbula, por fuera del ligamento esfenomandibular y por debajo de la inserción del pterigoideo externo. El nervio auriculotemporal se sitúa por encima de la arteria.

En el *segmento infratemporal* la arteria se encuentra con los músculos pterigoideos y puede comportarse de dos formas diferentes: puede pasar por fuera del pterigoideo externo (variedad superficial) o por dentro de él (variedad profunda). En caso de variedad profunda, la arteria discurre entre los perigoideos externo e interno y cerca de la apófisis pterigoides se hace superficial, pasando entre los dos haces del pterigoideo externo. Si la variedad es profunda, la arteria cruza por fuera el nervio mandibular.

El *segmento pterigopalatino* se extiende por delante de las apófisis pterigoides, llega hasta la tuberosidad maxilar y se dirige hacia dentro penetrando en la fosa pterigopalatina, donde se sitúa por debajo del nervio maxilar y por delante del ganglio pterigopalatino.

La vena maxilar forma un plexo, el plexo venoso profundo, que rodea la arteria y sus ramas, y dificulta el acceso al vaso.

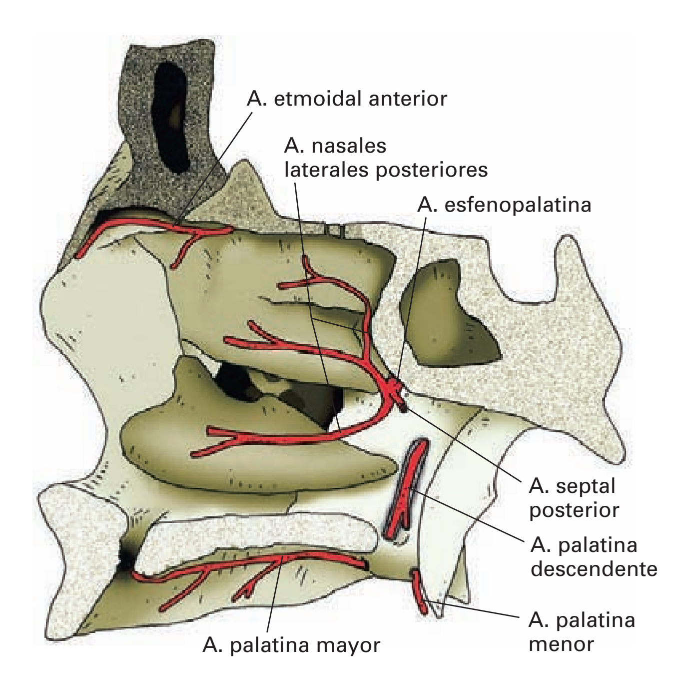


Figura 15-59. Pared externa de las fosas nasales mostrando las ramificaciones de la arteria esfenopalatina.

Rama terminal (Fig. 15-59)

La **arteria esfenopalatina** penetra en las fosas nasales por el orificio esfenopalatino dividiéndose en dos ramas, la arteria septal posterior y las ramas nasales posteriores laterales. La **arteria septal posterior** cruza bajo la mucosa de la bóveda nasal hacia el tabique emitiendo ramas para el mismo; un vaso desciende hacia el canal incisivo. Las **arterias nasales laterales posteriores** avanzan por la pared externa de las fosas nasales irrigando la mucosa de los cornetes, meatos y senos paranasales. Estos vasos se anastomosan con las arterias etmoidales de la oftálmica.

Ramas colaterales

La arteria maxilar da numerosas ramas colaterales que pueden sistematizarse según los segmentos en que se originan.

Ramas del segmento mandibular

La **arteria auricular profunda** se dirige hacia el conducto auditivo externo por detrás de la articulación temporomandibular irrigando ambas estructuras.

La **arteria timpánica anterior** sube por detrás de la articulación temporomandibular y penetra por la cisura petrotimpánica en la caja del tímpano. Es satélite de la cuerda del tímpano y se distribuye por la membrana timpánica.

La **arteria meníngea media** (Figs. 15-60 y 15-61) es la de mayor interés médico y la más voluminosa de las arterias meníngeas. Se dirige hacia la base del cráneo por dentro del pterigoideo externo, pasa por el ojal nervioso del nervio auriculotemporal y penetra en la fosa craneal media por el agujero espinoso. Se dirige hacia fuera, entre la duramadre y el periostio, y se divide, tras un corto recorrido, en una rama frontal y otra parietal que labran canales sobre la tabla interna de la bóveda craneal .

La **rama frontal** discurre hacia la sutura sagital aproximadamente a 1 cm por detrás de la sutura frontoparietal. La **rama posterior** se dirige hacia atrás ramificándose por la escama del temporal y el parietal.

> Los golpes en la cabeza pueden fracturar el cráneo y rasgar la arteria o sus ramas en los surcos de la tabla interna. Se produce una hemorragia epidural que despega la duramadre del hueso produciendo un hematoma que progresivamente comprime el cerebro. El paciente suele tener una breve pérdida de consciencia tras la cual presenta un período lúcido sin síntomas. El médico deberá mantener en observación al paciente durante 24 horas para ver si aparecen signos de hematoma, que se manifestarán por disminucion de la presión arterial y signos neurológicos de compresión cerebral (coma). Actualmente, la tomografía computarizada (TC) permite observar el hematoma desde los primeros momentos. El hematoma epidural debe evacuarse mediante trepanación.

Dentro del cráneo la meníngea media da las siguientes ramas: un **ramo petroso** que penetra en el peñasco por el hiato del conducto del nervio petroso mayor, alcanza el canal facial y se anastomosa con la arteria estilomastoidea irrigando el facial y la caja del tímpano; la **arteria timpánica superior** que llega a la caja del tímpano

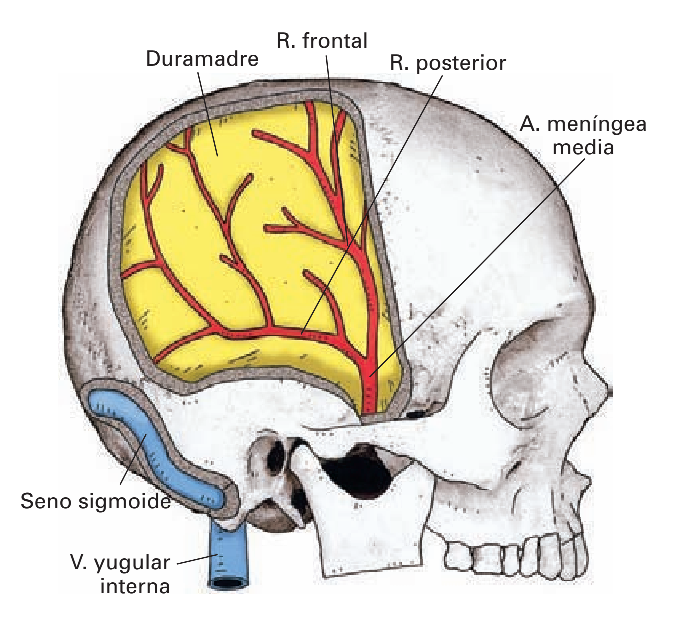


Figura 15-60. Trepanación de la bóveda craneal para mostrar el trayecto de la arteria meníngea media entre la duramadre y el hueso. La región occipitomastoidea ha sido trepanada para observar el seno sigmoide.

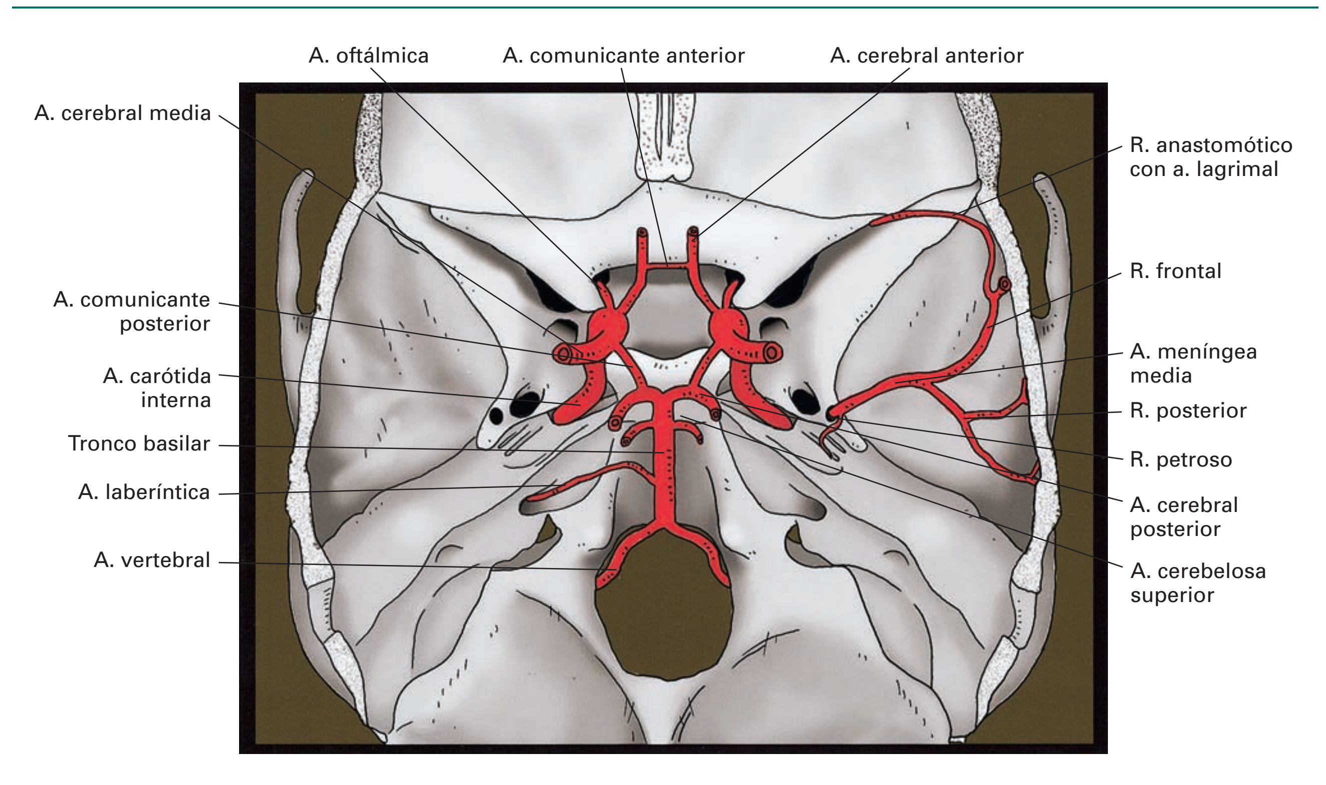


Figura 15-61. Círculo arterial del cerebro con la terminación de las arterias carótidas internas y vertebrales. En el lado derecho se ha representado la arteria meníngea media.

por el hiato del conducto del nervio petroso menor; y la **rama anastomótica con la arteria lagrimal** que atraviesa la hendidura esfenoidal y se une en la órbita con la arteria lagrimal.

La **arteria pterigomeníngea** (*arteria meníngea menor*) vasculariza los músculos vecinos, penetra en el cráneo por el agujero oval e irriga el ganglio trigeminal, su cubierta meníngea y el nervio mandibular. Puede nacer de la meníngea media.

Ramas del segmento infratemporal

La **arteria alveolar inferior** (Figs. 15-57 y 15-58) se junta con el nervio dentario inferior, con el que penetra en el conducto dentario de la mandíbula recorriéndolo hasta el agujero mentoniano, punto donde termina dando la **arteria mentoniana** para la piel y los músculos del mentón. En su recorrido intraóseo emite los **ramos dentales** para las raíces de los dientes, el periodoncio y la encía (**ramas periodontales**). Antes de entrar en el conducto dentario, emite la **rama milohioidea** que acompaña al nervio homónimo hasta el músculo milohioideo labrando un surco en la cara interna de la mandíbula.

Las «ramas de los músculos masticadores» son las arterias maseterina, pterigoideas y temporales profundas.

La **arteria maseterina** sale por la escotadura mandibular y alcanza el masetero.

Las **ramas pterigoideas** son varios pequeños vasos destinados a estos músculos.

Las **arterias temporales profundas** son dos vasos que ascienden a irrigar el temporal penetrando por su cara profunda.

La **arteria bucal** se dirige a buscar el músculo buccinador distribuyéndose por el músculo y por la piel y la mucosa de la mejilla.

Ramas del segmento pterigopalatino (Fig. 15-57)

La **arteria alveolar superior posterior** se desprende a nivel de la tuberosidad maxilar y emite dos o tres ramas que penetran en el maxilar por los conductos dentarios posteriores. Irriga el seno maxilar y da **ramas dentales** destinadas a las raíces de los molares y premolares con su periodoncio y encía (**ramos periodontales**).

La **arteria infraorbitaria** se dirige al suelo de la órbita por la hendidura esfenomaxilar. Discurre por el surco y el conducto infraorbitario en compañía del nervio infraorbitario. Sale a la cara por el agujero infraorbitario dando múltiples ramitos para el párpado inferior, la mejilla y el labio superior. Se anastomosa con la facial. En el conducto infraorbitario da las **arterias alveolares superiores anteriores**, que descienden por la pared del seno maxilar hacia los dientes caninos e incisivos (**ramos dentales**) con sus encías y periodoncio (**ramas periodontales**).

La **arteria palatina descendente** (Fig. 15-59) se extiende hasta el conducto palatino posterior por donde pasa al paladar con el nombre de **arteria palatina mayor** y se distribuye por la mucosa, el hueso, las glándulas salivales palatinas y la encía colindante. Una de sus ramas llega al conducto incisivo y se anastomosa con la rama septal de la esfenopalatina. En su trayecto por el conducto palatino posterior da dos o tres **arterias palatinas menores**, que, por los conductos palatinos menores, irrigan el velo del paladar.

La **arteria del conducto pterigoideo** (*arteria vidiana*), muy delgada, surge en la fosa pterigopalatina y se dirige hacia atrás por el conducto pterigoideo haciéndose satélite del nervio petroso mayor; se distribuye por la mucosa de la nasofaringe, la trompa auditiva y la amígdala tubárica.

Una finísima **rama faríngea** discurre por el conducto palatovaginal hacia el techo de la nasofaringe.

Anastomosis

Las carótidas externas de ambos lados se anastomosan entre sí en numerosos puntos, principalmente mediante las arterias linguales, faciales, occipitales y temporales superficiales. Además, la carótida externa presenta importantes anastomosis con la carótida interna y la subclavia. Las uniones con la carótida interna (arteria oftálmica) tienen lugar en cuatro puntos: en el ángulo superointerno de la órbita (arterias angular y dorsal de la nariz), en el cuero cabelludo (arterias temporal superficial y supraorbitaria), en las fosas nasales (arterias esfenopalatina y etmoidales), en la órbita (ramos anastomóticos de la lagrimal y de la meníngea media). Las uniones con la arteria subclavia se efectúan en la glándula tiroides (arterias tiroideas superior e inferior) y en la nuca.



Figura 15-62. Reconstrucción con RM de las arterias carótidas y vertebrales. 1) A. Vertebral; 2) arteria carótida común; 3) arteria carótida interna; 4) arteria carótida externa.

ARTERIA CARÓTIDA INTERNA

La **arteria carótida interna** vasculariza gran parte del cerebro, la hipófisis, el ojo y sus anexos y contribuye, además, a irrigar las fosas nasales (Figs. 15-52, 15-61 y 15-62).

> Los bloqueos de circulación de esta arteria o las hemorragias pueden provocar graves daños cerebrales que conducen a la muerte o a déficit muy graves de las funciones nerviosas. Parte importante de la patología del encéfalo son trastornos de los vasos dependientes de la carótida interna.

La arteria nace de la bifurcación carotídea y desde allí se dirige verticalmente hasta el cráneo penetrando en su interior por el peñasco, luego sigue sobre el esfenoides y, a nivel de la apófisis clinoides anterior, emite sus ramas terminales destinadas al cerebro: **arteria cerebral anterior, arteria cerebral media, arteria coroidea posterior** y **arteria comunicante posterior**. Dentro del cráneo da una colateral importante, la **arteria oftálmica**.

Las dos arterias carótidas internas se anastomosan entre sí y con el tronco basilar a nivel de la base del cerebro formando el **círculo arterial del cerebro** (*polígono de Willis*) (Fig. 15-61). Este círculo arterial, así como la vascularización del encéfalo se analizan con el sistema nervioso central (Tomo II de esta obra). Aquí únicamente analizamos el trayecto general de la arteria y su rama oftálmica.

Situación y trayecto (Figs. 15-52, 15-61 y 15-62)

La arteria, desde su origen, se dirige hacia arriba adosándose a la pared lateral de la faringe. Penetra en el conducto carotídeo del peñasco por el orificio inferior y le recorre describiendo casi un ángulo recto; en el interior del conducto se acoda y se dirige horizontalmente hacia delante y hacia dentro para salir del peñasco por el orificio del vértice y pasar a la fosa craneal media por encima del fibrocartílago que cierra el agujero rasgado. Entra en el interior del seno cavernoso apoyada sobre el surco carotídeo del cuerpo del esfenoides; en este trayecto describe una doble curva en forma de «S», primero hacia arriba, luego hacia delante y, finalmente, otra vez hacia arriba y algo hacia atrás. Sale del seno perforando la duramadre y se coloca por dentro de la apófisis clinoides anterior, por fuera del quiasma y por detrás del conducto óptico.

Las curvas de la arteria en el interior del cráneo dan una imagen, en las arteriografías, que se conoce como «sifón carotídeo»

Se distinguen los siguientes segmentos o porciones: cervical, retroestiloideo, petroso, cavernoso y subaracnoideo.

Porción cervical

En su origen, la arteria ocupa, igual que la bifurcación, el **triángulo carotídeo**, situándose por detrás de la carótida externa. Al continuar el trayecto ascendente de la carótida común, forma parte del paquete vasculonervioso del cuello.

Porción retroestiloidea

Formando siempre parte del paquete vasculonervioso del cuello, la arteria pasa medialmente al vientre posterior del digástrico y a la arteria occipital, se hace muy profunda y ocupa el espacio retroestiloideo, por detrás del «diafragma estíleo».

Ambas porciones de la arteria contraen importantes relaciones con la vena yugular interna, la cadena simpática cervical y los nervios glosofaríngeo, vago, accesorio e hipogloso.

Porción petrosa

La arteria dibuja exactamente el trayecto del conducto carotídeo adhiriéndose a sus paredes óseas. Está rodeada por un plexo venoso y por el plexo simpático carotídeo interno. Se sitúa por delante de la caja del tímpano y del caracol; por fuera y, luego, por encima de la trompa auditiva; y por detrás del ganglio trigeminal, del que está separado por la lámina ósea de la pared anterosuperior del peñasco y la duramadre. La separación de la trompa y del ganglio se efectúa por delgadas láminas óseas que con la edad van presentando numerosas dehiscencias.

Porción cavernosa

Al salir por el vértice del peñasco, la arteria pasa por encima del fibrocartílago que cierra el agujero rasgado y penetra en el interior del seno cavernoso. Recorre este lago venoso tapizada por endotelio y llevando una dirección en forma de «S». Contrae importantes relaciones con los nervios motores oculares y la rama oftálmica del V par. Por dentro se encuentran la hipófisis y el seno esfenoidal.

Porción cerebral

Es muy corto, pero es el punto donde da sus ramas principales. Tras perforar el techo del seno cavernoso, la arteria continúa su trayecto hacia arriba y hacia atrás en el espacio subaracnoideo de la fosa craneal media, por dentro de la apófisis clinoides anterior, por fuera del quiasma óptico y por debajo del lóbulo frontal.

> Los aneurismas producidos en el segmento subaracnoideo pueden comprimir la parte lateral del quiasma óptico y ocasionar defectos visuales. A veces, éstos constituyen el primer síntoma de la lesión.

Ramas colaterales

Ramas caroticotimpánicas, son pequeños vasos que se desprenden de la porción petrosa atravesando la pared del conducto carotídeo; contribuyen a irrigar la caja del tímpano.

Ramas hipofisarias, se desprenden de los segmentos cavernoso y cerebral (véase Hipófisis).

> En el seno cavernoso da finas ramas para el propio seno (**rama del seno cavernoso**), la **rama del ganglio trigeminal**, **ramas nerviosas** para los nervios que atraviesan el seno, **ramos meníngeos** para la duramadre próxima y la **rama marginal de la tienda**, que avanza en la proximidad de la escotadura de la tienda del cerebelo.

Arteria oftálmica (Fig. 15-63)

La **arteria oftálmica** está destinada a irrigar el globo ocular, el contenido de la órbita, las vías lagrimales, los párpados, la región frontonasal y parte de las fosas nasales. De ella parte la **arteria central de la retina**.

La arteria oftálmica nace del segmento cerebral de la carótida interna, inmediatamente por encima del seno cavernoso. Penetra en la órbita por el conducto óptico en compañía del fascículo óptico, al cual «abraza», pues se coloca primero por debajo, luego por fuera y finalmente salta por encima de él. Dentro de la órbita, la arteria atraviesa el saco meníngeo del fascículo óptico y ocupa el espacio retrobulbar en el interior del cono musculoaponeurótico.

Pasa, en la mayoría de los casos, entre el fascículo óptico por debajo y el músculo recto superior por arriba, y se dirige, en compañía del nervio nasociliar, hacia la pared interna de la órbita ocupando el intersticio entre los músculos oblicuo superior y recto interno. Termina en el ángulo interno del ojo emitiendo su rama terminal, **la arteria dorsal de la nariz,** que atraviesa el músculo orbicular del ojo por encima del ligamento palpebral medial y se anastomosa con la arteria angular de la facial. Irriga el saco lagrimal y el dorso de la nariz.

Ramas colaterales

La oftálmica da ramas al globo ocular y ramas para la musculatura orbitaria, la glándula lagrimal, las paredes y cercanías de la órbita y las fosas nasales (ramos extraoculares).

Ramas del globo ocular

La **arteria central de la retina** se origina en el punto donde la oftálmica entra en la órbita, se dirige hacia delante por debajo y por dentro del fascículo óptico, siempre contenida en el espacio subaracnoideo del fondo de saco dural que rodea al fascículo. A una distancia variable del globo

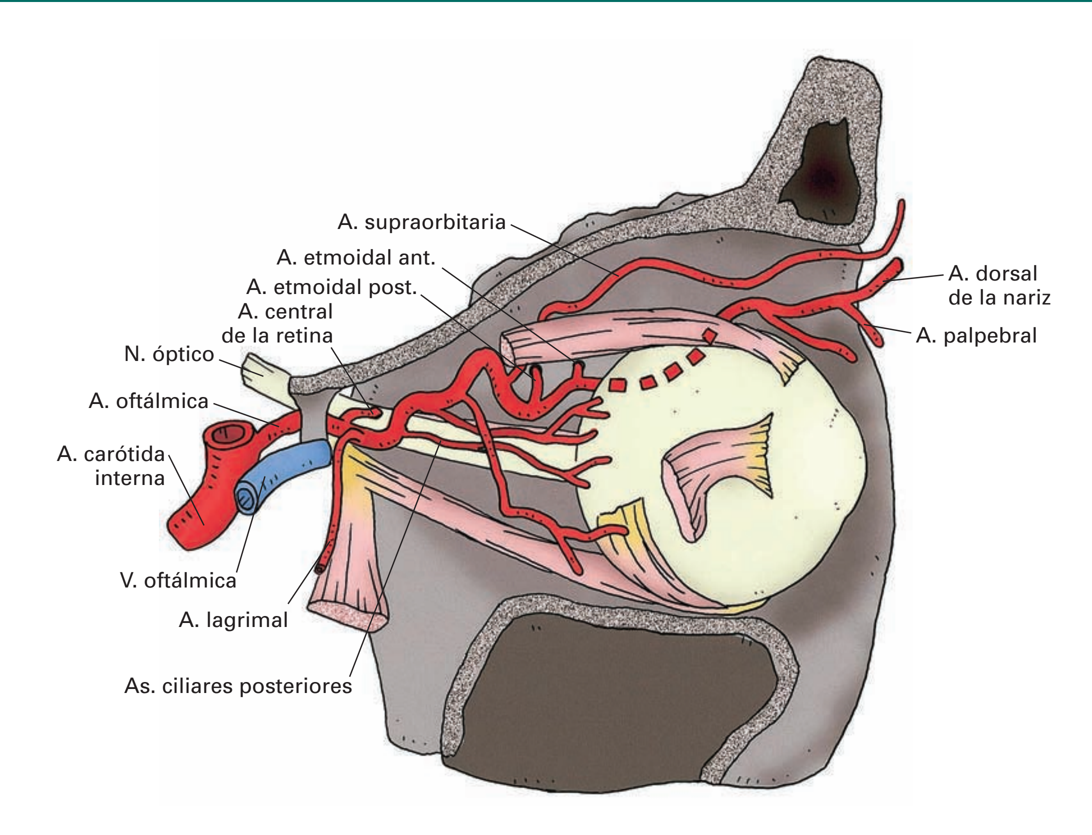


Figura 15-63. Arteria oftálmica. La pared externa de la órbita ha sido resecada.

ocular perfora el fascículo óptico y avanza entre sus fibras hacia el disco óptico. Se distribuye por la retina (véase Globo ocular).

> La central de la retina es una arteria terminal. Su oclusión por un trombo o un émbolo provoca ceguera o alteraciones graves del campo visual; además, esta es la única arteria «visible» del cuerpo humano sin necesidad de abrir, puesto que puede observarse con el oftalmoscopio, lo que proporciona al médico una información muy valiosa sobre el estado general de los vasos del organismo.

Las *arterias ciliares* irrigan la esclerótica y la túnica vascular del ojo. Se distinguen tres tipos: las arterias ciliares posteriores largas, en número de dos, las arterias ciliares posteriores cortas, muy variables en número (originariamente de 3 a 5, pero suelen ramificarse en 10 ó 15 en su trayecto) y las arterias ciliares anteriores.

Las **arterias ciliares posteriores largas y cortas** acompañan al fascículo óptico y atraviesan la esclerótica alrededor de la entrada del nervio en el polo posterior del ojo. Se ramifican por la coroides y el cuerpo ciliar.

Las **arterias ciliares anteriores** se desprenden de las arterias musculares y atraviesan la esclerótica cerca de la unión esclerocorneal. Se anastomosan con las ciliares largas y forman el círculo mayor del iris. Dan **ramas epiesclerales** que se disponen sobre la esclerótica y **ramas conjuntivales anteriores** para la conjuntiva.

Ramas extraoculares

Las **arterias musculares** irrigan la musculatura extrínseca del globo ocular y son muy variables en origen y disposición.

La **arteria lagrimal** discurre por fuera del cono musculoaponeurótico entre el recto externo y el techo de la órbita, e irriga la glándula lagrimal. Está acompañada del nervio lagrimal. Da las **arterias palpebrales laterales** para la parte externa de los párpados y la conjuntiva, y la **rama cigomática**, que penetra en el malar por el orificio cigomaticoorbitario junto con el nervio cigomático y se distribuye por el mismo territorio que éste, en el pómulo y la fosa temporal. Cerca de su origen recibe una importante anastomosis de la arteria meníngea media.

Grupo de las arterias que salen de la órbita junto con los nervios del mismo nombre y se distribuyen por su mismo territorio. Son la **arteria supraorbitaria**, que sale hacia la frente por la escotadura supraorbitaria; la **arteria supratroclear** que sale por el ángulo superointerno de la órbita; la **arteria etmoidal anterior**, que irriga la parte anterior de las fosas nasales, el seno frontal y la duramadre frontal mediante la **arteria meníngea anterior**; la **arteria etmoidal posterior**, para las celdillas etmoidales posteriores y el seno esfenoidal.; y las **arterias palpebrales mediales**, que se desprenden bajo la tróclea del oblicuo mayor, penetran

en los párpados y se anastomosan formando **arcos palpebrales superior e inferior** con las arterias palpebrales laterales. Dan ramos a los párpados y la conjuntiva (**arterias conjuntivales posteriores**).

ARTERIA SUBCLAVIA

La **arteria subclavia** es el gran tronco de origen de las arterias de la extremidad superior y contribuye a vascularizar el cuello, el hombro, las paredes del tronco y, de forma importante, el sistema nervioso central.

Tiene un *origen* diferente a la derecha y a la izquierda. La subclavia derecha nace en el tronco arterial braquiocefálico por detrás de la articulación esternoclavicular. La subclavia izquierda nace del cayado de la aorta. Por ello, la subclavia izquierda es más larga y tiene una porción intratorácica. Las subclavias describen un arco cóncavo hacia abajo sobre la cúpula pleural y la primera costilla y *terminan* a nivel del vértice de la axila, por debajo de la clavícula, continuándose con la arteria axilar.

En la superficie se *proyecta* en la parte baja del cuello describiendo una curva desde la articulación esternoclavicular a la parte media de la clavícula.

Situación y trayecto (Fig. 15-40, 15-41, 15-64)

La subclavia izquierda tiene un segmento torácico en el **mediastino superior**. Luego, desde el nivel de la articulación esternoclavicular hasta su terminación, ambas subclavias siguen un trayecto similar en la **base del cuello**. En este trayecto, la subclavia pasa por el «desfiladero de los escalenos», hecho que divide a la subclavia en *tres segmentos*: medial a los escalenos (preescalénico), interescalénico y lateral a los escalenos (postescalénico).

Segmento intratorácico de la subclavia izquierda

La subclavia izquierda asciende unos 3 cm por el **mediastino superior** (Fig. 9-37). Se sitúa por detrás de la carótida común izquierda; por fuera de la traquea y el esófago; por dentro del pulmón izquierdo, en cuya cara mediastínica deja una huella; y por delante de la columna vertebral. Entre la carótida y la subclavia desciende el nervio vago izquierdo. Entre la columna vertebral y la arteria asciende el conducto torácico. Por dentro, en el ángulo traqueoesofágico se encuentran el nervio recurrente izquierdo y los ganglios linfáticos paratraqueales.

Segmento común en la base del cuello

En la **base del cuello** ambas subclavias tienen por delante a la vena subclavia y la clavícula.

1) *Segmento preescalénico* (Fig. 15-64)

El segmento preescalénico es el más extenso de la subclavia. La arteria tiene por abajo y por detrás la cúpula pleu-

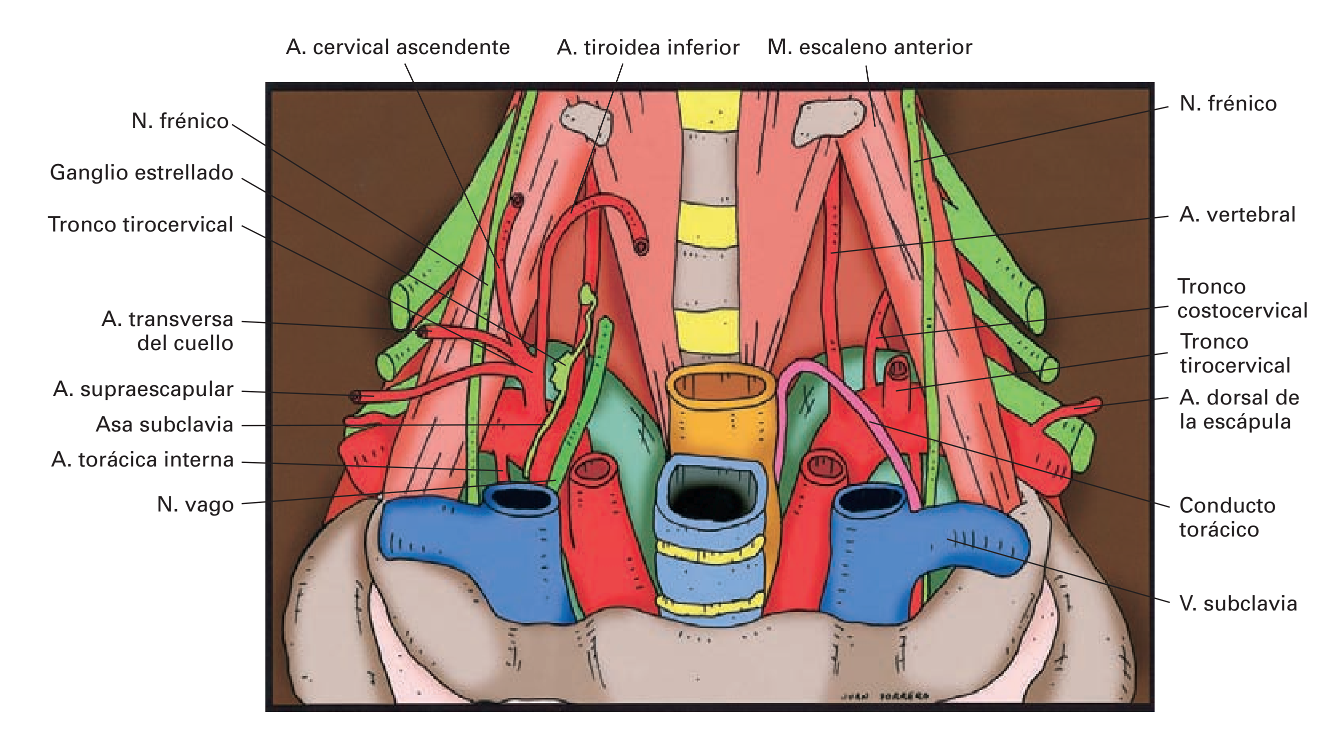


Figura 15-64. Visión anterosuperior de la base del cuello. Algunas ramas colaterales de la arteria subclavia han sido representadas unilateralmente. Del mismo modo, algunos nervios se representan en un solo lado.

ral, cubierta por la membrana suprapleural. Por delante se encuentra la vena subclavia, que busca la yugular interna para formar el confluente venoso. El plano venoso separa la arteria de la articulación esternoclavicular y los extremos inferiores de los músculos esternocleidomastoideo, esternohioideo y esternotiroideo envueltos en sus fascias. Más ventralmente se dispone el músculo cutáneo del cuello y la piel.

Entre la arteria y la vena se deslizan algunos nervios que se comportan de manera diferente en uno u otro lado. En el lado derecho, y de medial a lateral, la subclavia está cruzada por el vago, el asa subclavia del simpático y el frénico. El vago emite el nervio recurrente que contornea la arteria por abajo y por detrás, sobre la pleura, para alcanzar el ángulo traqueoesofágico. En el lado izquierdo, el vago no cruza la subclavia, pues acompaña a la carótida común y pasa por delante del cayado de la aorta.

La subclavia izquierda está cruzada por encima y por delante por la terminación curvada del conducto torácico, que acaba en el ángulo venoso izquierdo.

2) *Segmento interescalénico* (Fig. 17-9)

En esta corta porción, la arteria pasa por el «desfiladero de los escalenos», una hendidura triangular comprendida entre el escaleno anterior por delante, el escaleno medio por detrás y la cara superior de la primera costilla por abajo. La arteria descansa directamente sobre, el hueso donde labra un surco. El plexo braquial acompaña a la arteria, situándose por detrás y por encima de ella. La vena subclavia se dispone por delante del escaleno anterior, sobre la primera costilla.

3) *Segmento postescalénico* (Fig. 17-10)

Por fuera de los escalenos, la subclavia ocupa el *triángulo omoclavicular* en la parte baja de **la región cervical lateral.** Es muy superficial y accesible, siendo el segmento quirúrgico para realizar la ligadura (compresión manual), pues está cubierta por arriba por la hoja pretraqueal y los planos superficiales. Se apoya sobre el primer espacio intercostal y la primera digitación del serrato anterior; por delante tiene la vena subclavia, que la separa de la clavícula y del músculo subclavio; por detrás se encuentra el plexo braquial.

El pulso de la subclavia se puede percibir comprimiendo por encima de la clavícula y un poco por fuera de la inserción del músculo esternocleidomastoideo.

Ramas colaterales

La subclavia emite, generalmente, cinco ramas colaterales: la arteria vertebral, la arteria torácica interna, el tronco tirocervical, el tronco costocervical y la arteria dorsal de la escápula. Todas ellas, excepto la dorsal de la escápula, se originan en el segmento preescalénico.

Arteria vertebral

(Figs. 15-61, 15-62, 15-64 y 15-65)

La **arteria vertebral** es la rama más importante de la subclavia en razón de que está destinada a irrigar de forma fundamental parte del encéfalo y de la médula espinal.

Se origina como primera rama del segmento preescalénico en la cara superior de la subclavia y termina dentro del cráneo uniéndose a la del lado opuesto para formar el **tronco basilar**. Se encuentra rodeada por el plexo simpático perivertebral.

Situación y trayecto

La arteria tiene un recorrido complejo. Se dirige primero hacia arriba y hacia atrás a buscar el agujero transversario de la sexta vértebra cervical, asciende por los agujeros transversarios cervicales hasta el atlas, a cuyo nivel se acoda y se hace horizontal para penetrar en el cráneo pasando, primero, entre el atlas y el occipital y, luego, por el agujero magno. Finalmente se hace ascendente hasta su terminación. Se pueden distinguir cuatro porciones: prevertebral, transversa, atloidea e intracraneal (Fig. 15-65).

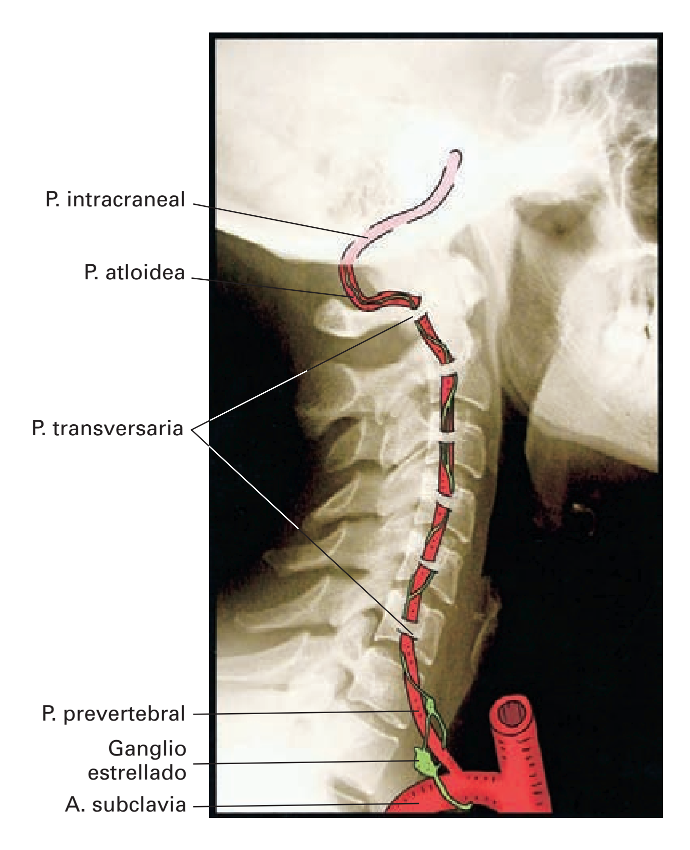


Figura 15-65. Representación esquemática del trayecto de la arteria vertebral sobre una radiografía lateral de columna cervical.

> En la práctica médica, a las cuatro porciones de la vertebral se denomina V1, V2, V3 y V4, respectivamente. Las lesiones vasculares de esta arteria son frecuentes. Cada uno de los segmentos posee características específicas respecto a su forma de afectarse.

La **porción prevertebral** se dispone en la base del cuello. La arteria asciende hacia atrás, siguiendo el músculo largo del cuello, en una posición muy oculta por detrás de la carótida común, la vena yugular interna y la vena vertebral. El ganglio estrellado se encuentra junto a la arteria.

La **porción transversaria** se inicia cuando la arteria penetra en el agujero transversario de la sexta vértebra cervical. Asciende a través de los agujeros transversarios cervicales hasta el atlas; en el trayecto final entre el axis y el atlas, la arteria se inclina ligeramente hacia fuera. La vena vertebral forma un plexo venoso a su alrededor y los nervios cervicales cruzan por detrás.

La **porción atloidea** ocupa el triángulo suboccipital; la arteria cambia bruscamente de dirección dirigiéndose horizontalmente hacia dentro y hacia atrás desde el agujero transversario del atlas a la membrana atlanto-occipital posterior; pasa por detrás de las masas laterales apoyada sobre un canal del arco posterior del atlas. El nervio suboccipital transita bajo la arteria.

La **porción intracraneal** penetra en el conducto vertebral atravesando la membrana atlanto-occipital posterior, perfora la duramadre y discurre por el espacio subaracnoideo hacia arriba y hacia la linea media; pasa al cráneo por el agujero magno contorneando el bulbo raquídeo y, luego, subiendo por delante de las pirámides bulbares, se fusiona con la arteria contralateral para formar el tronco basilar. Cuando la arteria entra en el cráneo, lo hace por delante de la primera digitación del ligamento dentado.

Ramas colaterales

En su recorrido extracraneal la vertebral emite **ramas musculares** para los músculos próximos y **ramos espinales** que penetran por los agujeros intervertebrales y se comportan como los ramos espinales de las arterias intercostales y lumbares irrigando la médula y las vértebras.

Dentro del cráneo da pequeñas **ramas meníngeas** para la duramadre de la fosa craneal posterior y las arterias destinadas al sistema nervioso central: **espinales anterior y posterior y la cerebelosa posteroinferior**. Estas ramas, junto con el **tronco basilar**, se estudian con la vascularización del sistema nervioso central.

Arteria torácica interna
(Figs. 15-64, 15-70 y 15-71)

La **arteria torácica interna** (*arteria mamaria interna*) es un vaso de gran importancia que forma parte de las vías vasculares longitudinales de la pared del tronco (véase Vasos de las paredes del tronco) y se distribuye por las regiones anterolaterales del tórax y del abdomen y por el diafragma.

Se origina en la cara inferior de la subclavia y se extiende hasta el diafragma donde se divide en dos ramas terminales, las arterias epigástrica superior y musculofrénica.

Situación y trayecto

La arteria desciende primero en la **base del cuello** por delante de la cúpula pleural y por detrás de la vena subclavia, en íntima relación con el nervio frénico. Luego, penetra en el tórax y ocupa el **mediastino anterior**. En esta región sigue un trayecto descendente a los lados del esternón, entre la pleura por detrás y los cartílagos costales por delante; a partir del tercer espacio intercostal, está separada de la pleura por el músculo transverso del tórax. Por detrás del extremo esternal del reborde costal se divide en sus ramas terminales.

Ramas terminales

La **arteria epigástrica superior** parece la continuación de la arteria, atraviesa el diafragma por el hiato costoxifoideo y busca la cara posterior de la vaina del recto, la perfora y desciende por detrás del músculo hasta el ombligo, donde se anastomosa con ramas de la epigástrica inferior. Irriga los músculos abdominales, el diafragma y la piel.

La **arteria musculofrénica** desciende oblicuamente hacia fuera por encima de las inserciones costales del diafragma y da ramas a este músculo y ramas intercostales anteriores a los espacios 7.º a 9.º.

Ramos colaterales

La **arteria pericardiofrénica** (*arteria diafragmática superior*) desciende hasta el diafragma en compañía del nervio frénico, entre la pleura y el pericardio. Da ramas para el diafragma, el pericardio y la pleura.

Las **arterias intercostales anteriores**, en número de dos por cada espacio, se anastomosan con las intercostales posteriores.

Las **ramas perforantes** se dirigen hacia delante atravesando los espacios intercostales e irrigan la piel paraesternal. En los espacios 2.º a 4.º nacen ramas perforantes para la glándula mamaria (**ramos mamarios**).

Las **ramas mediastínicas** están destinadas al esternón (**ramos esternales**), el pericardio (**ramos pericárdicos**) y el timo (**ramos tímicos**)

Puede existir una **rama costal lateral** paralela a la torácica interna.

Tronco tirocervical (Fig. 15-64)

El **tronco tirocervical** nace de la subclavia junto al escaleno anterior. Se divide enseguida en cuatro ramas: tiroidea inferior, cervical ascendente, transversa del cuello y supraescapular.

La **arteria tiroidea inferior** es la más voluminosa e importante. Sube medialmente al músculo escaleno anterior y luego se incurva hacia dentro formando un *cayado* cóncavo hacia abajo que discurre entre la carótida por delante y la vertebral por detrás; finalmente, apoyada sobre el músculo largo del cuello, desciende hasta el polo inferior de la glándula tiroides y emite **ramas** *terminales* **ascendentes e inferiores** que se distribuyen por la porción inferior y posterior de la glándula. Los vasos ascendentes irrigan las **paratiroides**. Existen anastomosis con la arteria contralateral y la tiroidea superior.

El cayado de la tiroidea inferior establece dos relaciones que se deben tener en cuenta. La arteria suele cruzar por detrás del ganglio cervical medio o estar rodeada por un asa nerviosa de la cadena simpática. En la proximidad del tiroides se relaciona con el nervio laríngeo recurrente que asciende por el ángulo traqueoesofágico.

> La estrecha asociación entre la arteria tiroidea inferior y el nervio laríngeo recurrente debe tenerse muy presente en las intervenciones quirúrgicas de la glándula tiroides. El nervio debe identificarse al proceder a ligar la arteria antes de resecar la glándula; de lo contrario, se produciría una lesión de los músculos de la laringe.

La tiroidea inferior da las siguientes ramas *colaterales*: **ramas musculares** para los músculos vecinos, **ramas traqueales**, **ramas esofágicas**, **ramas faríngeas** y la **arteria laríngea inferior** que asciende en compañía del nervio recurrente, pasa bajo el músculo constrictor inferior y penetra en la laringe para irrigar músculos y mucosa.

La **arteria cervical ascendente** (Fig. 17-10), delgada, sube por delante del escaleno anterior en compañía del nervio frénico. Irriga los músculos vecinos y da algunos **ramos espinales** (semejantes a los de la arteria vertebral), que penetran por los agujeros intervertebrales y contribuyen a irrigar la médula, sus cubiertas y las vértebras.

La **arteria transversa del cuello** (*arteria cervical transversa*), muy variable, se dirige hacia fuera por delante del escaleno anterior y del nervio frénico, recorre el triángulo posterior del cuello, pasa por delante de los troncos del plexo braquial y alcanza el trapecio, al que irriga junto a músculos vecinos. Se anastomosa con ramas de la arteria occipital.

La **arteria supraescapular** (Figs. 15-95 y 17-10) se dirige hacia fuera por delante del escaleno anterior, en una posición más baja que la transversa del cuello, por detrás de la clavícula y por delante del plexo braquial, bajo el omohioideo, hasta la escotadura coracoidea de la escápula; pasa por encima del ligamento supraescapular y se distribuye por la fosas supraespinosa e infraespinosa en compañía del nervio supraescapular. Forma parte de la red periescapular e irriga los músculos vecinos. Da un **ramo acromial** que, atravesando la inserción del trapecio se dirige hacia la piel del acromion, irriga la articulación acromioclavicular y da **ramos nutricios** para la clavícula y la escápula.

Tronco costocervical (Figs. 9-45 y 15-64)

El **tronco costocervical** nace de la cara posterior de la subclavia. Se dirige hacia atrás sobre la cúpula pleural por fuera del ganglio estrellado y alcanza el cuello de la primera costilla, donde se divide en arteria cervical profunda e intercostal suprema.

La **arteria cervical profunda** penetra en la nuca pasando bajo la apófisis transversa del la séptima vértebra cervical y se distribuye por los músculos de la región anastomosándose con la occipital.

La **arteria intercostal suprema** (*arteria intercostal superior*) desciende por detrás de la cúpula pleural adosada al cuello de las dos primeras costillas y emite las arterias **intercostales posteriores I y II** de los dos primeros espacios (Fig. 15-40). Éstas se comportan como las correspondientes arterias intercostales de la aorta; emiten **ramos dorsales** para la musculatura y la piel del dorso y **ramos espinales** que penetran en los agujeros intervertebrales.

Arteria dorsal de la escápula (Fig. 15-64)

La **arteria dorsal de la escápula** (*arteria escapular posterior/descendente*) nace del segmento postescalénico y algunas veces del interescalénico. Se dirige hacia fuera y hacia atrás por el triángulo omoclavicular, pasa entre los troncos del plexo braquial y llega hasta el ángulo superointerno de la escápula por delante del músculo elevador de la escápula. Desciende por el borde espinal de la escápula hasta el ángulo inferior de este hueso, entre el romboides por detrás y el serrato lateral por delante. Da ramos musculares y contribuye a formar la *red periescapular* (Fig. 15-95).

Variaciones

Las variaciones del origen de la subclavia se han comentado con el arco aórtico (véase Disposición general de la circulación sistémica). El comportamiento de las ramas de la subclavia está sometido a múltiples variaciones. Citaremos solamente algunas. La vertebral puede nacer en el arco aórtico o en la carótida común, y, en ocasiones, sólo atraviesa los agujeros transversarios más superiores. La cervical ascendente puede ser rama de la tiroidea inferior. La transversa del cuello, muy variable, puede nacer directamente de la subclavia. La dorsal de la escápula puede no existir; en este caso, la transversa del cuello da una rama superficial (*arteria cervical superficial*) que sigue el trayecto de la arteria, y un ramo profundo que se comporta como la dorsal de la escápula (*arteria escapular descendente*).

VENA SUBCLAVIA

La **vena subclavia** (Figs. 15-43 y 15-64) recoge la sangre de la extremidad superior y de parte del cuello. Se origina como continuación de la vena axilar por debajo y por detrás del músculo subclavio y termina por detrás de la articulación esternoclavicular uniéndose a la vena yugular y dando origen al tronco venoso braquiocefálico. Cerca de su unión a la yugular interna presenta una válvula bicúspide.

Tiene un trayecto casi paralelo al de la arteria situándose por delante y algo por debajo de ella. Por delante está cubierta por la clavícula. Por debajo se apoya, primero, sobre un surco de la primera costilla situado por delante del tubérculo del escaleno anterior y, luego, sobre la vertiente anterior de la cúpula pleural. Cuando pasa sobre la costilla, el músculo escaleno anterior la separa de la arteria (Figs. 17-9 y 17-10).

> Su grosor y su fácil acceso determinan que la vena subclavia se utilice mucho como vía para infundir líquidos cuando se requiere hacerlo durante cierto tiempo; también se emplee como vía para introducir catéteres hacia las cavidades cardíacas. La vía más segura de punción es introducir el trócar —que servirá de guía al catéter— por debajo de la parte media de la clavícula, dirigiéndolo oblicuamente hacia arriba y hacia dentro. Se debe ser cuidadoso para evitar la perforación de la cúpula pleural.

Tributarias: en gran parte de los casos, sólo recibe la **vena yugular externa**.

DRENAJE VENOSO DE LA CABEZA Y DEL CUELLO

La sangre venosa de la cabeza y del cuello drena en los troncos venosos braquiocefálicos de la vena cava superior. Las venas pueden ser superficiales y profundas. Algunas acompañan a las arterias pero otras siguen un curso independiente y confluyen finalmente en cuatro venas: **yugular interna**, **yugular externa**, **vertebral** y **tiroidea inferior**.

VENA YUGULAR INTERNA
(Figs. 15-52 y 15-66)

La **vena yugular interna** recoge la sangre del cerebro, del globo ocular y de la cavidad orbitaria, así como de las partes superficiales de la cara y de las vísceras cefalocervicales (faringe, laringe, lengua y parte de la glándula tiroides).

La vena se *origina* en la fosa del agujero yugular como continuación del **seno sigmoideo**, (Fig. 15-60) el cual resume el retorno venoso del contenido intracraneal y *termina* en la base del cuello uniéndose a la subclavia para formar el confluente yugulosubclavio del tronco braquiocefálico. En su origen, en la fosa yugular, presenta una dilatación denominada **bulbo superior de la vena yugular**; igualmente, aparece ligeramente dilatada en su terminación (**bulbo inferior de la vena yugular**).

Situación y trayecto

La vena, en su origen en la base del cráneo, está comprendida entre el peñasco y el occipital, inmediatamente por debajo de la caja del tímpano; un tracto fibroso la separa de los nervios glosofaríngeo, vago y espinal, que salen de la fosa craneal posterior por la parte más interna del agujero yugular. Luego, desciende verticalmente por **el espacio retroestiloideo** y la **región esternocleidomastoidea** hasta su terminación. En estas regiones se dispone por dentro del esternocleidomastoideo y por fuera de las carótidas interna y común, a las que acompaña envuelta en la vaina carotídea conjuntamente con el nervio vago.

Contrae importantes relaciones con los nervios accesorio, glosofaríngeo, hipogloso, frénico, rama inferior del plexo cervical y el ganglio cervical superior, las cuales se describen con estas estructuras y en las regiones respectivas.

Los ganglios linfáticos cervicales profundos se sitúan a todo lo largo de la vena. El conducto linfático pasa inmediatamente por detrás de la terminación de la yugular interna izquierda.

> Cuando a causa de tumores malignos se realizan extirpaciones de los ganglios linfáticos cervicales profundos, es preciso tener un extremo cuidado para no dañar la adventicia de la vena yugular interna (a la que se adhieren los ganglios) ya que ello comportaría el riesgo de una grave hemorragia.

Proyección: la vena se proyecta en la superficie cutánea sobre una franja vertical que une el lóbulo inferior del pabellón auricular con la articulación esternoclavicular.

Tributarias

En *origen*, la yugular recibe la desembocadura del **seno petroso inferior**

En el *cuello*, recibe las **venas facial, lingual, faríngeas y tiroideas superior y media**.

La **vena facial** recoge la sangre de la cara (Fig. 15-55). Se origina con el nombre de **vena angular** a nivel de la comisura palpebral interna por la fusión de las venas supratroclear y supraorbitaria. La vena angular establece una importante anastomosis con la vena oftálmica superior.

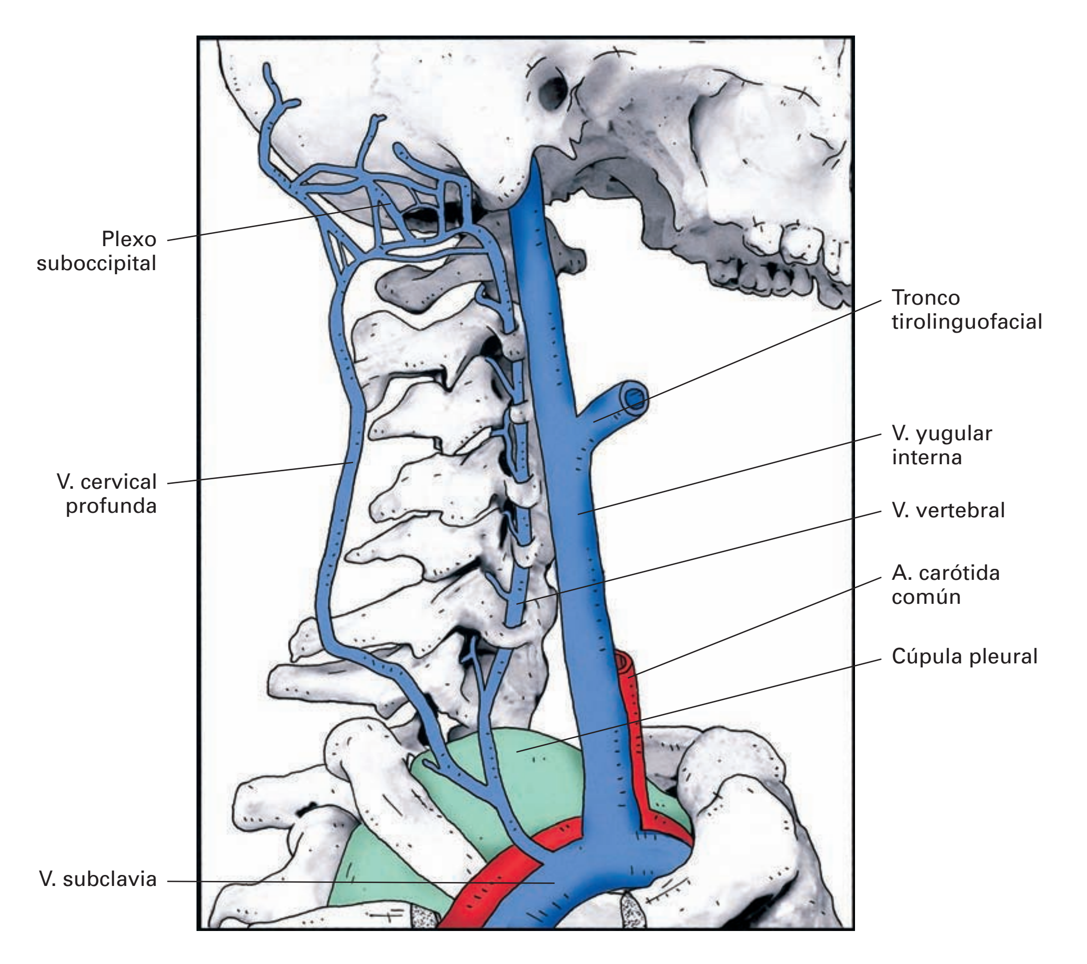


Figura 15-66. Venas de la cabeza y del cuello. Visión lateral profunda.

> Las infecciones de la vena oftálmica (t*romboflebitis*) a consecuencia, por ejemplo, de pequeñas heridas en la cara, pueden propagarse por la vena oftálmica al seno cavernoso (*tromboflebitis del seno cavernoso*) originando un cuadro clínico muy grave que, en numerosas ocasiones, provoca la muerte del paciente por infección de las meninges y del encéfalo (*meningoencefalitis*).

La **vena supratroclear** desciende a los lados de la línea media de la frente y la **vena supraorbitaria** discurre por el reborde supraorbitario bajo el músculo orbicular de los párpados. Las venas supraorbitaria y supratroclear se anastomosan por una extensa red con las ramas de la vena temporal superficial.

La vena desciende por detrás de la arteria facial con un recorrido más rectilíneo que el de ésta, pasa bajo el cigomático mayor y cruza el reborde mandibular sobre el masetero, luego discurre entre la glándula submandibular por dentro y el cutáneo del cuello por fuera, penetra en el triángulo carotídeo y termina en la yugular interna. Cerca de su terminación se anastomosa con la vena retromandibular (**rama anterior de la retromandibular** o *comunicante intraparotídea*) (Fig. 15-67).

En su trayecto recibe **venas nasales externas, palpebrales superiores e inferiores, labiales superior e inferior, parotídeas, la vena palatina externa** que viene de la amígdala y del paladar blando y, la **vena submental**.

La **vena facial profunda** se desprende sobre el buccinador, pasa por dentro de la mandíbula y se anastomosa con el plexo pterigoideo.

La **vena lingual** acompaña, en la mayoría de los casos, a la arteria lingual y termina en la yugular por debajo de la facial o uniéndose a ésta. Recibe las **venas dorsales de la lengua**, la **vena sublingual** y la **vena profunda de la lengua** (*vena ranina*), y **la vena satélite del nervio hipogloso**.

Las **venas faríngeas** proceden del **plexo faríngeo** formado en la pared de la faringe; suelen ser dos o tres venas que desembocan a diferentes alturas.

La **vena tiroidea superior** es satélite de la arteria homónima y recibe la vena laríngea superior.

Las **venas tiroideas medias** suelen ser una o varias venas pequeñas que, cruzando la carótida común, se dirigen hacia la yugular interna.

En ocasiones, las venas facial, lingual y tiroidea superior se fusionan de diferentes maneras antes de terminar en la yugular interna. Es frecuente observar la unión de las tres

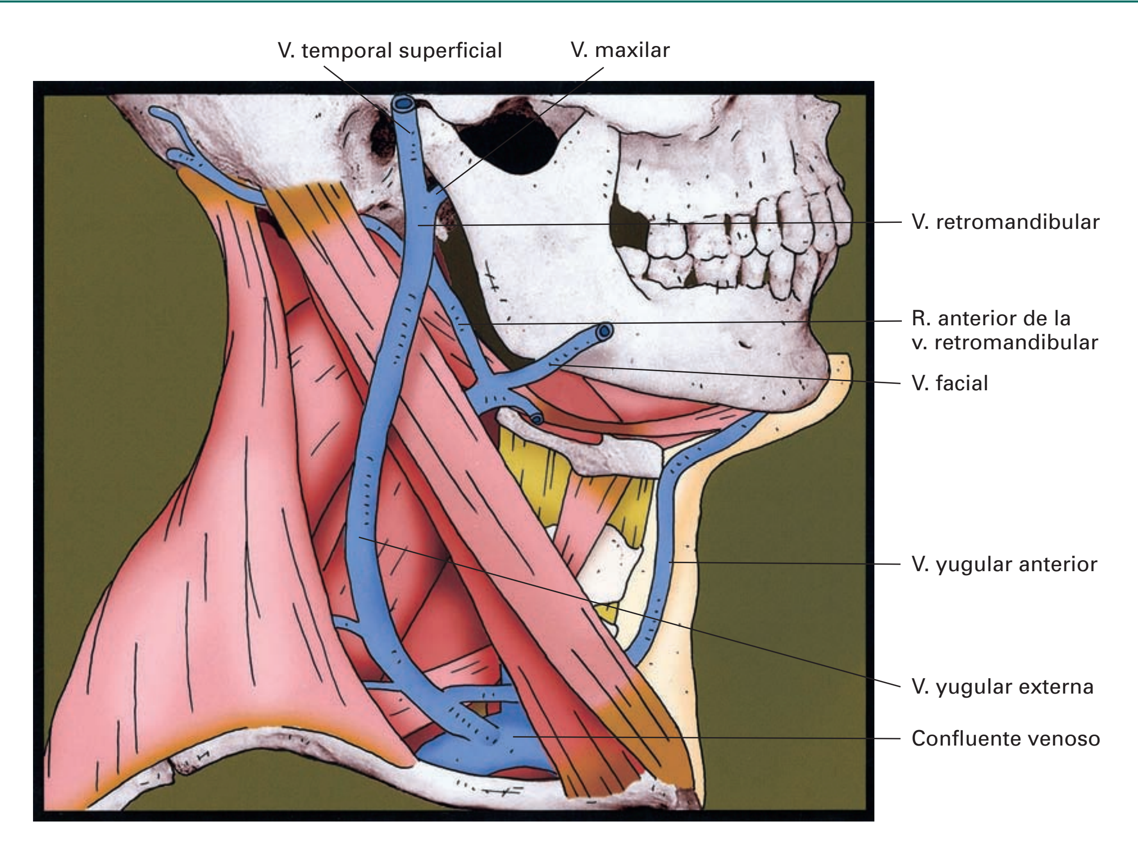


Figura 15-67. Venas de la cabeza y del cuello. Visión lateral.

(*tronco venoso tirolinguofacial*), el cual es una referencia importante que cruza el triángulo carotídeo (Fig. 15-53).

VENA YUGULAR EXTERNA (Fig. 15-67)

La **vena yugular externa** recoge sangre del cuero cabelludo, de porciones superficiales y profundas de la cara y de los planos superficiales del cuello.

Tiene su *origen* en la vena retromandibular, formada en el espesor de la parótida por la confluencia de las venas temporal superficial y maxilar (el origen de la retromandibular es similar al modo de terminación de la carótida externa), y *termina* en el confluente venoso yugulosubclavio o en la vena subclavia.

Situación y trayecto

La **vena retromandibular** desciende en el espesor de la **parótida** por fuera de la carótida externa y por dentro del nervio facial, que la cruza perpendicularmente; cerca del extremo inferior de la parótida se inclina hacia atrás para salir de la glándula y colocarse sobre el músculo esternocleidomastoideo por detrás del ángulo de la mandíbula, tomando entonces el nombre de vena yugular externa. La vena yugular externa desciende por la **parte lateral del cuello**, bajo el músculo cutáneo del cuello, en el tejido celular subcutáneo, por fuera del esternocleidomastoideo, al que cruza oblicuamente para llegar a la base del triángulo posterior del cuello hacia la parte media de la clavícula. Perfora entonces la hoja superficial de la fascia cervical, luego la media y termina, inclinándose hacia dentro, en el confluente venoso yugulosubclavio o en la vena subclavia. La vena guarda relación con ramas del plexo cervical.

Heridas relativamente superficiales en la parte lateral del cuello, provocadas, por ejemplo, por arma blanca o cuchillas, pueden cortar la vena y causar una intensa hemorragia.

Tributarias

Las venas tributarias van, unas, al sector parotídeo y son por tanto ramas de la vena retromandibular y otras desembocan en el cuello directamente sobre la yugular externa.

En la parótida, se encuentran las ramas de origen de la vena retromandibular (venas temporal superficial y vena maxilar) y ramas colaterales.

La **vena temporal superficial** (Fig. 15-56) recibe la sangre del cuero cabelludo, a través de numerosas venas

ampliamente anastomosadas entre sí y pasa por delante del pabellón auricular en compañía de la vena homónima y del nervio auriculotemporal. Recibe por delante la **vena temporal media**, procedente del músculo temporal, y a la **vena transversa de la cara**.

La **vena maxilar** es un vaso corto que discurre por dentro de la rama ascendente de la mandíbula en compañía de la arteria maxilar y recoge la sangre del plexo pterigoideo.

El **plexo peterigoideo** se sitúa en la fosa infratemporal rodeando a los músculos pterigoideos y es el resultado de la unión de numerosas venas satélites de las ramas de la arteria maxilar. Recoge sangre de las partes profundas de la cara, la duramadre y el peñasco.

En el interior de la parótida establece una importante anastomosis con vena facial (**rama anterior de la retromandibular** o *vena intraparotídea*). Recibe **ramas parotídeas**, **ramos auriculares anteriores** procedentes del pabellón auricular y del conducto auditivo externo, y **ramas de la articulación temporomandibular**.

En el cuello

La yugular externa recibe las venas occipital, auricular posterior, transversa del cuello, supraescapular y yugular anterior.

La **vena occipital** es satélite de la arteria homónima. La unión de esta vena con la retromandibular es considerada por algunos autores como el origen de la vena yugular externa.

Las **venas supraescapulares**, casi siempre dos, acompañan a la arteria del mismo nombre en la base del triángulo posterior del cuello.

Las **venas cervicales transversas** son satélites de la arteria cervical transversa.

La vena yugular externa posterior no existe y se confunde con la cervical profunda.

La **vena yugular anterior** recoge la sangre de las partes anteriores y superficiales del cuello. Se origina por debajo del mentón y desciende a los lados de la línea media, en el espesor de la hoja superficial de la fascia cervical, hasta la horquilla supraesternal, donde se hace profunda, se inclina hacia fuera por detrás del esternocleidomastoideo y termina en la yugular externa o en el ángulo venoso. En el espacio supraesternal las dos venas yugulares anteriores están unidas por un puente anastomótico (**arco venoso interyugular**).

VENA VERTEBRAL (Fig. 15-66)

La **vena vertebral** recoge sangre de los plexos venosos raquídeos y de la nuca.

Durante gran parte de su trayecto por los agujeros transversarios cervicales es un plexo venoso que acompaña a la arteria vertebral. Se forma a partir de los plexos vertebrales intrarraquídeos y extrarraquídeos de la columna cervical, así como del **plexo venoso suboccipital.** Este último está situado entre el occipital y el atlas, y resulta de la fusión de venas emisarias procedentes de los senos intracraneales, venas musculares profundas y venas cutáneas de la región occipital.

La vena sale como un vaso único por el agujero transversario de la sexta vértebra cervical y se dirige hacia abajo y hacia delante a buscar el tronco venoso braquiocefálico o el confluente venoso; en parte de este trayecto acompaña por delante a la arteria vertebral.

Tributarias

La vertebral recibe las venas cervical profunda, vertebral anterior y vertebral accesoria.

La **vena cervical profunda** (Fig. 15-66) se origina en el plexo venoso suboccipital, desciende entre la musculatura nucal recibiendo numerosas venas musculares, pasa luego sobre el cuelo de la primera costilla e inclinándose hacia delante termina en la vena vertebral. Es satélite de la arteria homónima.

La **vena vertebral anterior** acompaña a la arteria cervical ascendente recogiendo sangre de la musculatura prevertebral.

La **vena vertebral accesoria** es un vaso inconstante que parte del plexo vertebral, sale de las vértebras por el agujero transversario de la séptima vértebra cervical y, dirigiéndose hacia delante, termina en la vertebral o, en ocasiones, directamente en el tronco braquiocefálico.

Vena tiroidea inferior (Fig. 15-51)

La **vena tiroidea inferior** se origina en el **plexo tiroideo impar** situado por debajo de la glándula tiroides y por delante de la tráquea. Este plexo recibe sangre de la parte inferior de los lóbulos tiroideos y se anastomosa con las otras venas tiroideas. La vena tiroidea inferior desciende para terminar en el tronco venoso braquiocefálico izquierdo. Puede desdoblarse en su terminación y acabar en ambos troncos braquiocefálicos. Recibe pequeñas **venas traqueales**, **esofágicas** y la **vena laríngea inferior**.

DRENAJE LINFÁTICO DE LA CABEZA Y EL CUELLO

La linfa de la cabeza —con excepción del encéfalo, que carece de linfáticos— y del cuello acaba siendo recogida en un grupo de ganglios linfáticos denominados **ganglios cervicales profundos**, situados a lo largo de la vena yugular interna. De este grupo ganglionar parte un tronco eferente, el **tronco yugular**, el cual termina drenando en los confluentes yugulosubclavios de la base del cuello.

Parte de la linfa puede alcanzar directamente estos ganglios mediante vasos aferentes, pero una parte importante lo hace mediante *grupos ganglionares intermedios.* Los ganglios intermedios ocupan posiciones *profundas*, junto a las vísceras, o *superficiales*; en este último caso son fácilmente palpables e incluso visibles bajo la piel cuando se inflaman.

Se distinguen dos conjuntos ganglionares, los *ganglios pericervicales* y los *cervicales.*

Ganglios pericervicales (Fig. 15-68)

Los **ganglios pericervicales** constituyen un anillo horizontal, a modo de «collarete», en la unión cefalocervical. El anillo linfático está formado, a cada lado, por cinco grupos ganglionares: occipitales, retroauriculares, parotídeos, submandibulares y submentales.

Estos ganglios drenan en los ganglios cervicales profundos.

Los **ganglios occipitales** están situados en el trayecto de la arteria occipital, sobre la inserción del trapecio. Recogen linfa de la porción occipital del cuero cabelludo y de parte de la nuca.

> En la **rubéola**, una enfermedad vírica benigna de la infancia, están aumentados de tamaño y se pueden palpar fácilmente.

Los **ganglios retroauriculares** se disponen sobre la mastoides a nivel y por encima de la inserción del esternocleidomastoideo. Recogen linfa de la porción temporoparietal del cuero cabelludo y de parte del oído externo (porción posterior del pabellón auricular y cara posterior del conducto auditivo externo).

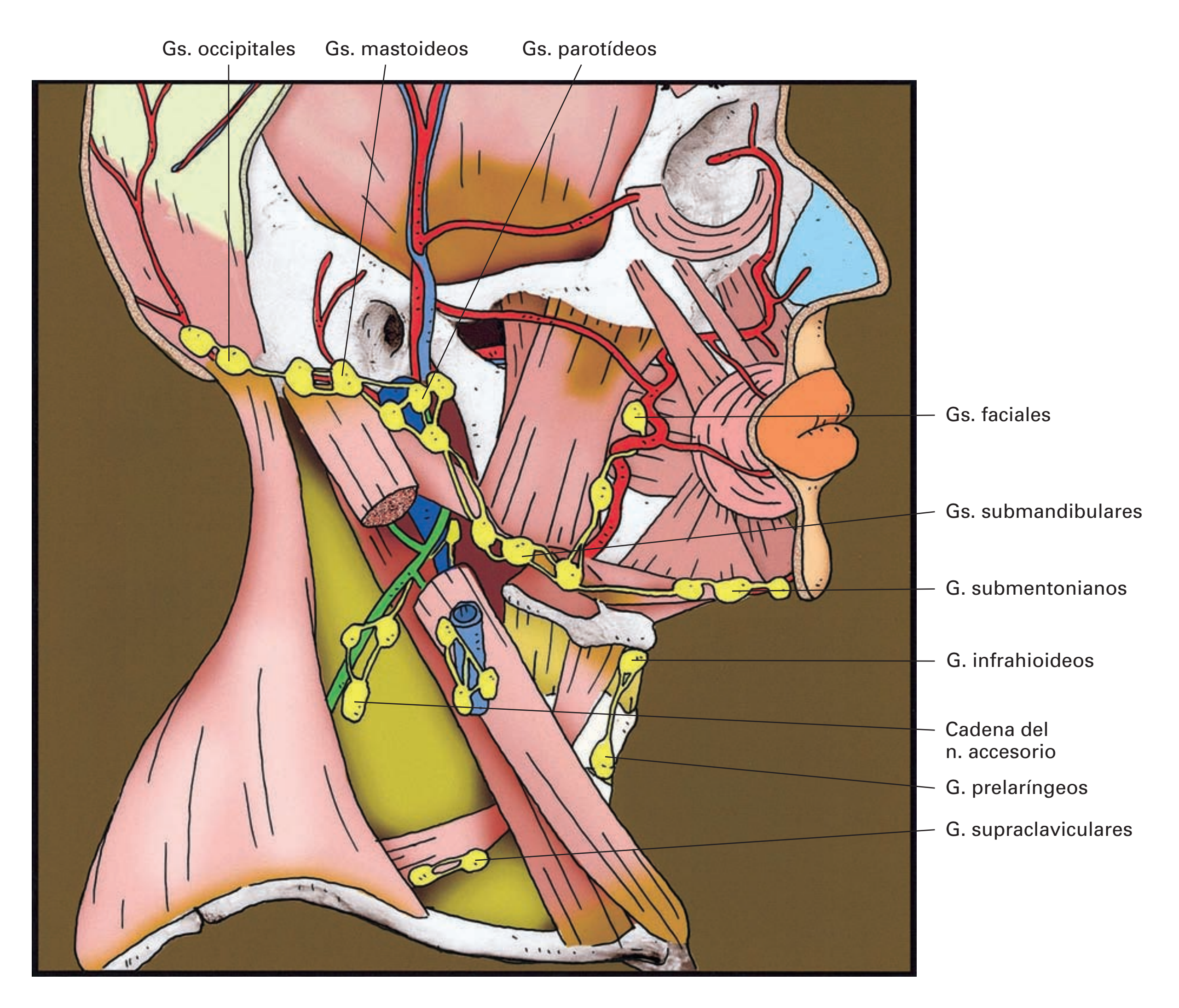


Figura 15-68. Ganglios linfáticos de la cabeza y del cuello. Se representa el collarete pericervical y grupos ganglionares cervicales superficiales y profundos.

Aumentan de tamaño en algunas inflamaciones del conducto auditivo externo (**otitis externas**)

Los **ganglios parotídeos** pueden ser superficiales o profundos. Los ganglios **superficiales** se disponen sobre la cara externa de la parótida por fuera o por dentro de la fascia parotídea. Los ganglios **profundos** acompañan a la vena retromandibular en el espesor de la glándula. Drenan la linfa de la parte anterior del cuero cabelludo, la frente, los párpados, la parótida, el velo del paladar, el oído externo (cara anterior del conducto auditivo externo, membrana timpánica y cara externa del pabellón), el oído medio (caja del tímpano y antro mastoideo) y la glándula lagrimal.

Se afectan en las **otitis**. En algunos **orzuelos** (inflamación aguda de las glándulas de Meibomio de los párpados) pueden estar inflamados y tensionar la parótida.

Los **ganglios submandibulares** se sitúan bajo el borde inferior de la mandíbula en íntima relación con la glándula submandibular. Suele haber tres ganglios superficiales inmediatamente por debajo de la hoja superficial de la fascia cervical; otros, muy variables, se pueden disponen en el espesor de la glándula o por detrás de ésta. Reciben la linfa de una zona extensa de la cabeza. Los vasos aferentes llegan de la nariz, el vestíbulo de las fosas nasales, la parte interna de los párpados, la parte anterior de la cara, gran parte de la boca (mejillas, suelo bucal, dientes, encías, labios y lengua) y las glándulas submandibular y sublingual.

Parte de esta linfa puede recibirse indirectamente a través de los *ganglios faciales*, los cuales pueden considerarse una prolongación del grupo submandibular en la parte lateral de la cara. Los ganglios faciales son dos diminutos grupos ganglionares: los **ganglios bucales**, situados sobre el músculo bucinador bajo la piel y la grasa de la mejilla, y los **ganglios mandibulares**, que siguen el trayecto de la vena facial sobre la cara externa de la mandíbula.

Los **ganglios submentonianos** son pequeños y se sitúan bajo la sínfisis mandibular entre los vientres anteriores de los digástricos. Reciben la linfa del mentón, la parte central del labio inferior, la punta de la lengua, el extremo anterior del suelo bucal y los dientes incisivos con sus encías. Parte de la linfa que recogen la conducen a los ganglios submandibulares.

Ganglios cervicales

Los ganglios linfáticos cervicales pueden ser cervicales profundos, cervicales superficiales y yuxtaviscerales.

Los *ganglios yuxtaviscerales* guardan una estrecha asociación con las vísceras. Hay ganglios retrofaríngeos, paratraqueales, infrahioideos, prelaríngeos y pretraqueales.

Los **ganglios retrofaríngeos** se disponen entre la nasofaringe y la fascia prevertebral. Recogen linfa de la trompa auditiva, la nasofaringe, el velo del paladar, la parte posterior de las fosas nasales y el oído medio. Su aumento de tamaño puede desplazar la faringe.

Los **ganglios paratraqueales** (*ganglios de la cadena recurrencial*) acompañan al nervio recurrente en el ángulo traquoesofágico. Reciben linfa de la laringe, la tráquea, la faringe, el esófago y la glándula tiroides.

Delante de la columna respiratoria, y cubiertos por la hoja superficial de la fascia cervical, hay una pequeña cadena ganglionar formada por **ganglios infrahiodeos**, situados por delante de la membrana tirohiodea, **ganglios prelaríngeos**, por delante de la membrana cricotiroidea, y **ganglios pretraqueales**, ubicados por debajo de la glándula tiroides.

Los *ganglios cervicales superficiales* se agrupan en ganglios cervicales superficiales propiamente dichos y ganglios cervicales anteriores (Fig. 15-68).

Los **ganglios cervicales superficiales** forman una cadena que acompaña a la vena yugular externa por fuera del esternocliedomastoideo; están en continuidad con los ganglios parotídeos.

Los **ganglios cervicales anteriores** acompañan a la vena yugular anterior. Son escasos y muy pequeños. Suele haber un ganglio más constante en el hueco supraesternal.

Los **ganglios cervicales profundos** (Figs. 15-68 y 15-69) resumen toda la circulación linfática de la cabeza y el cuello. Forman una cadena ganglionar que sigue las caras externa y anterior de la vena yugular interna. La cadena está cubierta en gran parte por el músculo esternocleidomastoideo, pero hacia atrás algunos ganglios rebasan el músculo y penetran en el triángulo posterior del cuello; los más altos de estos, en el vértice del triángulo, está en estrecha relación con el nervio accesorio (*cadena del nervio accesorio*); los más bajos se prolongan en la base del triángulo por detrás de la clavícula rodeando la arteria cervical transversa (*ganglios supraclaviculares*).

Los ganglios que rodean el nervio accesorio deben extirparse con cuidado para no producir una parálisis del trapecio y del esternocleidomastoideo si se secciona el nervio. Los ganglios supraclaviculares están comunicados con los vasos linfáticos de la mama y con los ganglios de la axila.

Entre los ganglios profundos se distinguen dos ganglios singulares: el ganglio yugulodigástrico y el ganglio yuguloomohioideo. El **ganglio yugulodigástrico** (*ganglio de Küttner*) se sitúa inmediatamente por debajo del vientre posterior del digástrico. En ocasiones, puede palparse por debajo del ángulo de la mandíbula. Recoge linfa directamente de la amígdala palatina y de la parte posterior de la lengua. Está inflamado en caso de amigdalitis y duele con la palpación. El **ganglio yuguloomohioideo** se sitúa a nivel del tendón intermedio del músculo omohioideo y recibe linfa de gran parte de la lengua.

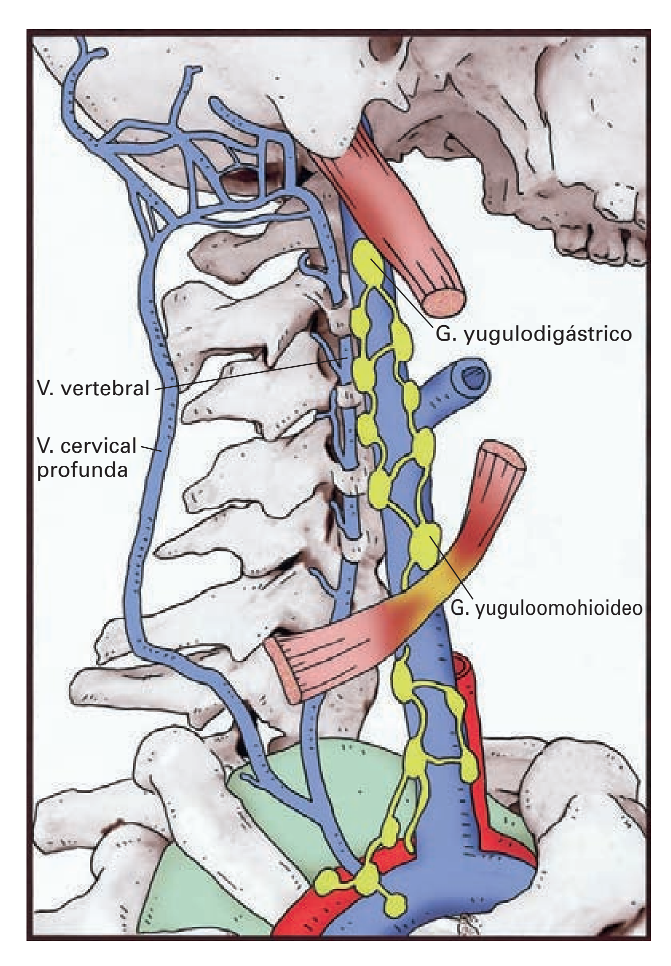


Figura 15-69. Ganglios linfáticos cervicales profundos asociados a la vena yugular interna. Los músculos omohioideo y vientre posterior del digestivo han sido parcialmente seccionados.

Los ganglios cervicales profundos y los submandibulares deben ser explorados manualmente por el médico con extremo cuidado. Aumentan de tamaño en infecciones de órganos próximos, como las amígdalas, pero también en caso de tumores de estructuras faciales. En casos de cáncer de lengua, el ganglio yuguloomohioideo se afecta precozmente. En los *linfomas* (tumores del sistema linfático) es frecuente, que los primeros signos se manifiesten por adenopatías de estos ganglios.

Tronco yugular

El **tronco yugular** constituye el vaso eferente que parte de los ganglios cervicales profundos y termina en el confluente venoso yugulosubclavio. Tanto en el lado derecho como en el izquierdo puede terminar independientemente de otros colectores linfáticos, o hacerlo a través del conducto torácico, en el lado izquierdo, o del conducto linfático derecho.

VASOS DEL TRONCO

Describimos en este aparrtado las arterias, venas y linfáticos de las paredes del tronco, así como de las vísceras de las cavidades abdominal y pélvica. En el caso de los linfáticos incluimos también el drenaje de la cavidad torácica.

VASCULARIZACIÓN DE LAS PAREDES DEL TÓRAX Y DEL ABDOMEN

ARTERIAS

La irrigación arterial de las paredes torácica y abdominal obedece a un modelo (Fig. 15-70) que adopta la siguiente disposición: una vía arterial longitudinal posterior, dos vías longitudinales anteriores parasagitales y un sistema segmentario anastomótico que conecta el sistema posterior con los anteriores formando anillos vasculares completos.

a) La *vía longitudinal posterior* es la **aorta descendente** en sus segmentos torácico y abdominal, así como su rama terminal impar, la arteria sacra media.

La **arteria sacra media** (Fig. 15-40) es un vaso pequeño y fino que nace de la cara posterior de la aorta a nivel de la bifurcación en ilíacas comunes (representa un vestigio de la primitiva aorta dorsal pélvica del embrión). Desciende adosada a la quinta vértebra lumbar, el sacro y el cóccix, y terminan irrigando el cuerpo coccígeo.

La sacra media da algunas colaterales: la **arteria lumbar inferior,** que representa la quinta lumbar y se comporta como ellas (véase más adelante), **ramas laterales,** finas, que se anastomosan delante del sacro con las arterias sacras laterales, pequeñas *ramas rectales* y *ramos óseos* para el sacro y el cóccix.

b) Las *vías longitudinales anteriores* son dos cadenas parasagitales que conectan dos grandes arterias, la subclavia y la ilíaca externa. Cada cadena está constituida por la **torácica interna** y su continuación abdominal, la **arteria epigástrica superior,** y la **epigástrica inferior** rama de la ilíaca externa (Fig. 15-71). La torácica interna desciende en posición paraesternal, y las epigástricas se anastomosan por detrás del recto abdominal, entre éste y la fascia de cobertura. La descripción de estas arterias se ha realizado con la subclavia y con la ilíaca externa; recordemos aquí que las vías longitudinales anteriores se anastomosan entre sí en la línea media mediante finos ramos mediales.

c) Las *anastomosis* entre el sistema aórtico y el sistema anterior se establecen mediante las **arterias intercostales posteriores** y las **arterias lumbares**.

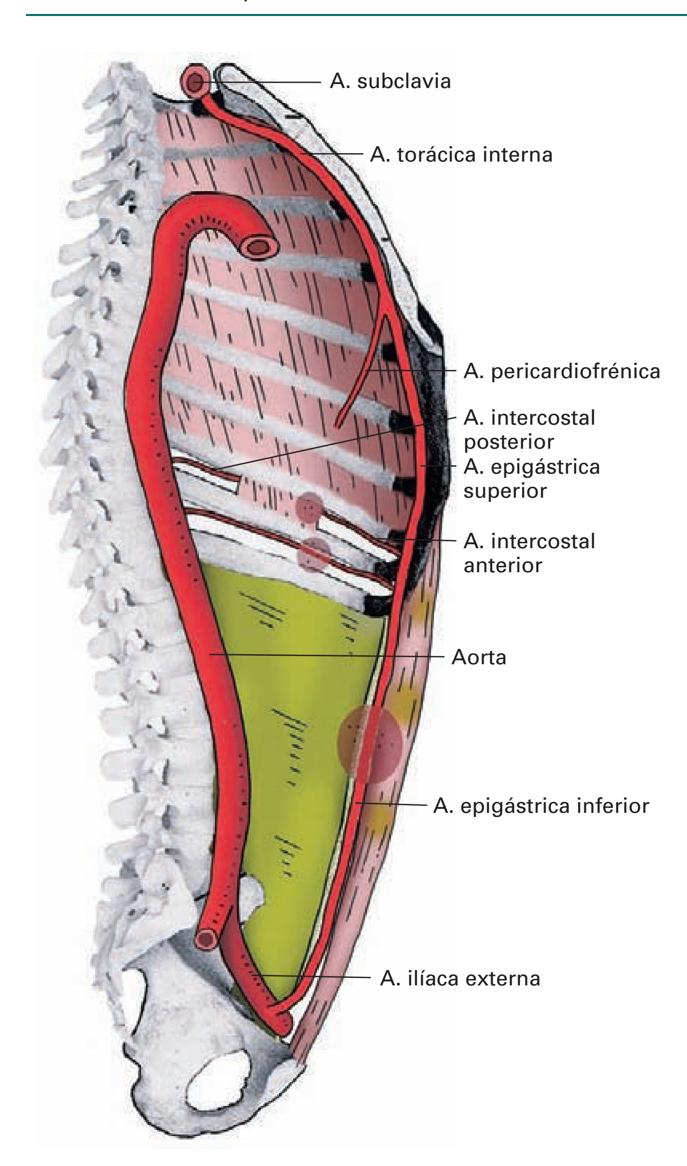


Figura 15-70. Representación esquemática de la vascularización arterial de las paredes del tronco. Sobre una sección sagital se observa la cadena longitudinal anterior (arterias torácica interna y epigástricas) y la aorta. Las zonas de anastomosis han sido señaladas con un círculo.

Arterias intercostales posteriores

Las **arteras intercostales posteriores** son doce pares de arterias (Fig. 15-72); la última está situada bajo la 12.ª costilla y se denomina **arteria subcostal,** pues no ocupa, evidentemente, un espacio intercostal. Vascularizan los músculos, la piel y los huesos de la pared torácica, la hoja parietal de la pleura y la parte alta de la pared abdominal. Generalmente, las diez últimas intercostales (incluida la subcostal) nacen de la cara posterior de la aorta torácica y las dos primeras proceden de la subclavia mediante el tronco costocervical.

Las ramas intercostales aórticas tienen un trayecto inicial algo diferente, pues debido a la posición desplazada de la aorta, las intercostales derechas son más largas que las izquierdas. Las ramas derechas cruzan por delante de los cuerpos vertebrales torácicos y por detrás de los elementos del mediastino posterior (esófago, vena ácigos y conducto torácico); las ramas izquierdas siguen adosadas a la vertiente izquierda de los cuerpos vertebrales por detrás de las venas hemiácigos. Ambas ramas tienen por delante la cadena simpática torácica, la pleura y los pulmones. Al llegar al espacio intercostal correspondiente, cada arteria, sobre todo las superiores, sube oblicuamente hacia fuera a buscar la parte superior del espacio intercostal, tapizada por la fascia endotorácica. Sigue luego por el surco subcostal hacia delante entre los músculos intercostales interno e íntimo; en este trayecto forma un paquete vasculonervioso con la vena intercostal por arriba y el nervio intercostal por abajo. En un punto muy variable de su recorrido se divide en dos ramas, una que sigue el trayecto de la arteria y otra que se aproxima a la costilla inferior (**rama colateral**); estas dos ramas se anastomosan con las ramas externas de las vías arteriales longitudinales anteriores (arteria torácica interna).

Colaterales

El **ramo dorsal** se desprende de la porción inicial de la arteria, emite un fino ramo óseo para el cuerpo vertebral y se dirige hacia atrás entre los cuellos de las costillas. Se divide en un ramo espinal y un ramo musculocutáneo. El **ramo espinal** penetra por el agujero intervertebral e irriga la médula y las raíces nerviosas **(arterias radiculares),** las meninges, las vértebras y la articulación costovertebral. El *ramo musculocutáneo* pasa entre las apófisis transversas y se distribuye por los músculos de los canales vertebrales y superficiales del dorso, así como por la piel de la región paramediana que tapiza estos músculos. Generalmente hay un *ramo cutáneo medial* que se distribuye por la proximidad de las apófisis espinosas y un *ramo cutáneo lateral* que vasculariza la piel contigua.

El **ramo cutáneo lateral** (*ramo perforante lateral*) nace hacia la parte media del espacio intercostal correspondiente y perfora la pared lateral del tórax por delante de las digitaciones del serrato anterior; se divide en finos ramos anteriores y posteriores para la musculatura y la piel. Las arterias de los espacios 3.º a 5.º dan **ramos mamarios** que contribuyen a irrigar la glándula mamaria.

La arteria da un *ramo óseo nutricio* para la costilla suprayacente.

La **arteria subcostal** es, en realidad, una arteria abdominal destinada a irrigar la parte alta de las paredes lumbar y anterolateral del abdomen. Sigue bajo la 12.ª costilla, penetra en el abdomen bajo el ligamento arqueado lateral y se coloca por delante del cuadrado lumbar entrando en relación anterior con los órganos retroperito-

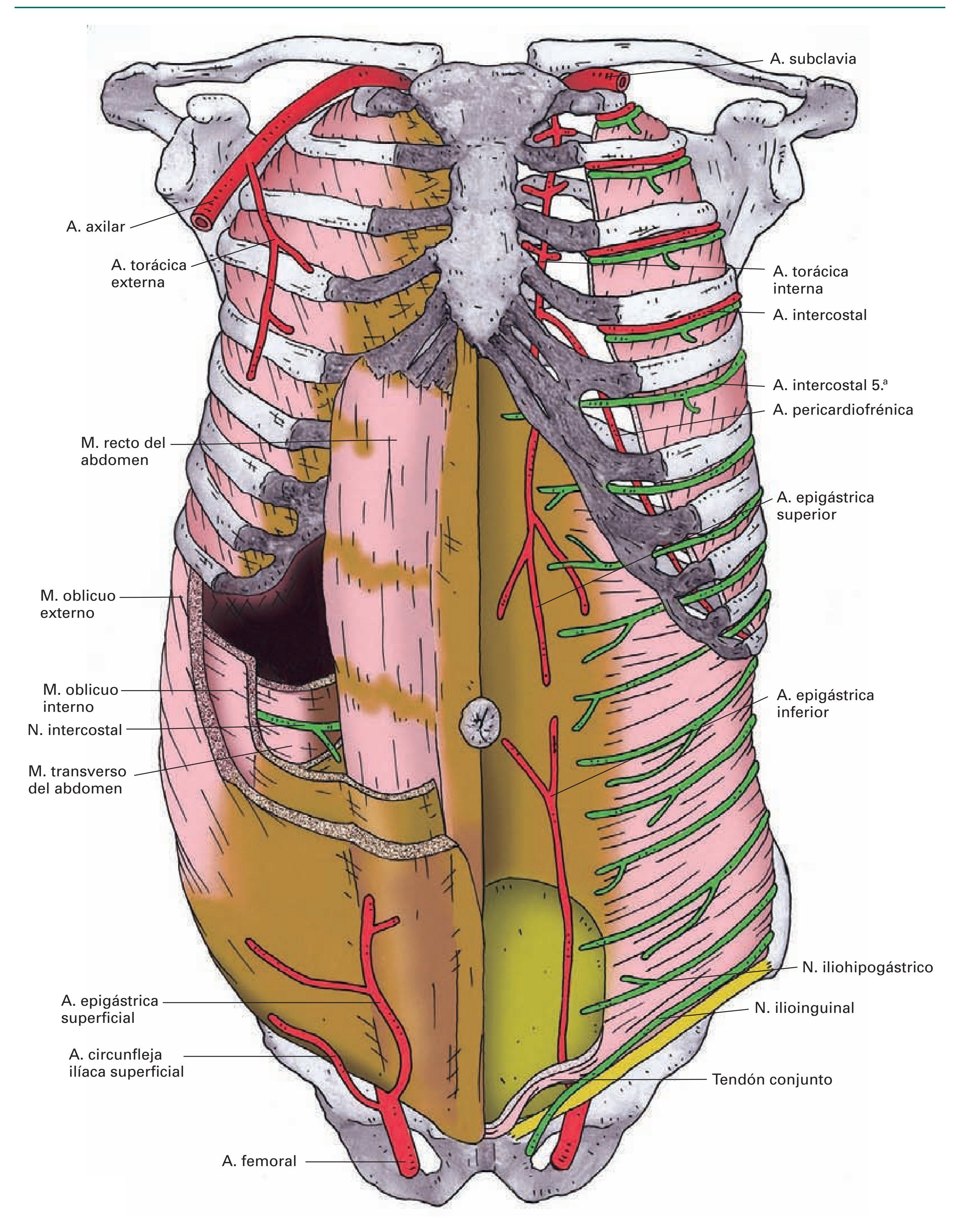


Figura 15-71. Visión anterior del tronco. En la mitad derecha se ha eliminado el músculo recto abdominal para visualizar la hoja posterior de la vaina del recto y los vasos epigástricos. En la mitad izquierda se han seccionado parcialmente los músculos anchos del abdomen y se ha representado el trayecto de un nervio intercostal.

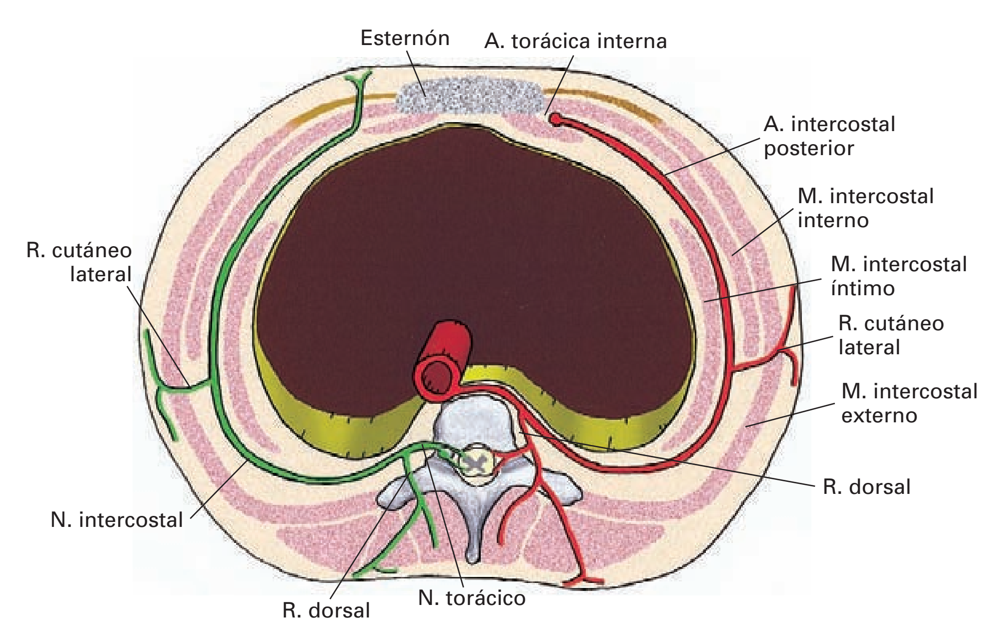


Figura 15-72. Representación esquemática de una sección transversal del tórax para mostrar el trayecto de las arterias y nervios intercostales.

neales. Atraviesa la fascia posterior del transverso abdominal y se desliza hacia delante entre este músculo y el oblicuo menor. Sus ramas son equivalentes al resto de las arterias intercostales posteriores.

Arterias lumbares

Las **arterias lumbares** tienen grandes analogías con las intercostales y se comportan de manera parecida. Son cuatro arterias de disposición segementaria que nacen de la parte posterior de la aorta abdominal (Fig. 15-40). Una quinta lumbar nace de la sacra media. Se dirigen horizontalmente hacia fuera adosadas a su respectivo cuerpo vertebral y por detrás de la cadena simpática lumbar; las derechas pasan por detrás de la vena cava inferior. Penetran bajo los arcos fibrosos de origen del músculo psoas mayor y se colocan entre el músculo y la vértebra; siguen hacia fuera, generalmente por detrás del cuadrado lumbar, perforan la fascia posterior del transverso abdominal y avanzan hacia delante entre este músculo y el oblicuo menor. Dan *ramos musculares y cutáneos* para la pared anterolateral del abdomen. Por delante se anastomosan con los ramos externos de las arterias epigástricas profundas. Cada arteria lumbar da un **ramo dorsal** para la región lumbovertebral que se comporta igual que los ramos de las arterias intercostales posteriores. El ramo espinal dorsal de la 1.ª o 2.ª arteria lumbar es un ramo grueso que contribuye de manera fundamental a irrigar la parte inferior de la médula espinal; es la **gran arteria radicular anterior** (*arteria de Adamkiewicz*) (véase Irrigación de la médula en el Tomo II).

> Dado que en la parte inferior de la médula espinal se encuentran los centros motores de las extremidades inferiores, la gran arteria radicular anterior debe vigilarse especialmente durante las intervenciones quirúrgicas en esta región. La ligadura de esta arteria durante un tiempo excesivo provoca la necrosis de la parte inferisor de la médula y produce una paraplejía (parálisis de las extremidades inferiores).

Anastomosis

Además de los anillos arteriales anastomóticos descritos, estas arterias, las intercostales y las lumbares presentan numerosas anastomosis en la pared del tronco.

Las arterias intecostales se anastomosan entre sí por las perforantes y éstas, a su vez, presentan importantes anastomosis con ramas de la arteria axilar que se distribuyen por la pared torácica (arterias torácicas).

Las arterias lumbares se anastomosan entre ellas y con las arterias subcostal, iliolumbar, circunflejas ilíacas profunda y superficial y epigástrica superficial.

Irrigación arterial del diafragma

El diafragma está irrigado por las arterias frénicas inferiores, superiores, pericardiofrénicas y musculofrénica (Figs. 15-40, 15-71).

Las **arterias frénicas inferiores** (Fig. 10-1) son dos pequeñas arterias que se originan en la parte lateral de la aorta abdominal, por lo general inmediatamente por debajo del orificio aórtico. Ascienden adosadas a los pilares

del diafragma, la derecha por detrás de la cava inferior y la izquierda por detrás del esófago abdominal; se distribuyen por la cara inferior del diafragma y vascularizan también el peritoneo parietal diafragmático.

Colaterales: *ramos esofágicos*, la **arteria suprarrenal superior** (pueden ser una o tres) destinada a la glándula suprerrenal correspondiente y pequeños *ramos hepáticos* para la cara posterior del hígado y el ligamento coronario. Estos ramos hepáticos pueden contribuir a formar una circulación colateral en caso del bloqueo de la arteria hepática.

Las **arterias frénicas superiores** (*arterias diafragmáticas posterosuperiores*) son pequeños vasos que nacen de la parte posterior y más caudal de la aorta torácica y se distribuyen por la parte superior y posterior del diafragma.

La **arteria pericardiofrénica** (*arteria diafragmática superior*) y la **arteria musculofrénica** son ramas de la torácica interna y se han descrito con la arteria subclavia; vascularizan las partes anteriores y laterales de la cara superior del diafragma.

VENAS

La sangre venosa de las paredes torácica y abdominal es recogida en venas que pueden calsificarse en dos grupos: anterior y posterior. El *grupo anterior* está formado por las venas torácicas internas y epigástricas superiores, tributarias del sistema cava superior, y por las venas epigástrica inferior y circunfleja ilíaca profunda, tributarias del sistema cava inferior. El *grupo posterior* está constituido por las venas intercostales posteriores y lumbares. Las venas intercostales posteriores drenan en el sistema cava superior, directamente o, la mayoría, mediante el sistema ácigos. Las venas lumbares son tributarias de la cava inferior y del sistema ácigos.

Los grupos venosos se anastomosan ampliamente entre sí, en las paredes torácicas y mediante las venas ácigos, y asimismo las venas derechas e izquierdas.

Venas del grupo anterior

Las **venas torácias internas** (*venas mamarias internas*) son satélites de la arteria del mismo nombre a la que acompañan en posición paraesternal; generalmente a la altura del tercer espacio intercostal forman un tronco único que se hace medial a la arteria y termina en el tronco venoso braquiocefálico correspondiente. Se originan por la unión de las **venas musculofrénicas** y **epigástricas superiores**, satélites de las arterias respectivas. La epigástrica superior asciende por detrás del recto abdominal y se anastomosa caudalmente con la epigástrica inferior. Las venas torácicas internas reciben las **intercostales anteriores** (dos por cada espacio), que se anastomosan con las intercostales posteriores en el espacio intercostal. Las venas torácicas internas reciben sangre de la pared anterior del tórax y de la porción superior de la pared abdominal y el diafragma.

Las venas subcutáneas del abdomen terminan mediante venas perforantes en la epigástrica superior y en la torácica interna.

Las **venas epigástricas inferiores,** satélites de la arteria epigástrica profunda inferior, descienden por detrás del recto, anastomosándose con las superiores a la altura del ombligo y terminan, por un tronco único, en la vena ilíaca externa cerca de su origen, detrás del ligamento inguinal.

Las **venas circunflejas ilíacas profundas** acompañan a la arteria homónima y se fusionan, generalmente, en un tronco único que drena en la vena ilíaca externa en las proximidad de la epigástrica inferior.

Las venas epigástricas inferiores y circunflejas ilíacas profundas recogen sangre de la parte inferior de la pared anterolateral del abdomen y de las venas abdominales subcutáneas mediante venas perforantes.

La **vena pubiana (vena obturatriz accesoria)** es un puente anastomótico, relativamente grueso, situado por detrás de la laguna vascular y del pubis, entre la vena ilíaca externa y la vena obturatriz (tributaria de la vena ilíaca interna).

Grupo posterior

Las **venas intercostales posteriores** son doce a cada lado, (Fig. 15-43) si bien la última, por estar debajo de la 12.ª costilla, se denomina **vena subcostal**. Siguen el trayecto de las arterias del mismo nombre colocándose por encima de ellas. Reciben sangre de la pared torácica y, mediante un **ramo dorsal**, la sangre de la piel y musculatura del dorso, así como de la columna vertebral y su contenido (véase Venas del raquis, pág. 638). Se anastomosan por delante con las venas intercostales anteriores tributarias de las venas torácicas internas. Las venas intercostales posteriores terminan de distinta manera. La primera vena intercostal (**vena intercostal suprema**) sube adosada al cuello de la primera costilla y se arquea sobre la cúpula pleural para terminar en el tronco venoso braquiocefálico o, a veces, en la vena vertebral. Las venas intercostales posteriores de los espacios II y III y, algunas veces, el IV forman, en la proximidad de la columna, un tronco único: las venas intercostales superiores derecha e izquierda. La **vena intercostal superior derecha** desciende a terminar en el cayado de la ácigos. **La vena intercostal superior izquierda** asciende a la izquierda del cayado de la aorta para termianr en el tronco venoso braquiocefálico izquierdo; por debajo se une a la vena hemiácigos accesoria. Las demás venas intercostales terminan en el sistema ácigos. Las venas derechas IV a XI lo hacen en la ácigos mayor y las venas izquierdas en las venas hemiácigos. La vena subcostal contribuye al origen de las venas ácigos y hemiácigos.

Las **venas lumbares** son venas segmentarias, satélites de las arterias (por encima de ellas), en número de cuatro a cada lado. Recogen sangre de la región lumbovertebral, mediante un ramo dorsal equivalente al de las venas intercostales, y de la pared abdominal.

Las venas lumbares se anastomosan entre ellas mediante la **vena lumbar ascendente,** un vaso que se sitúa a los lados de los cuerpos vertebrales en el intersticio entre las dos porciones de origen del psoas, cruzando por delante de las raíces de origen del plexo lumbar. Por abajo se anatomosa con las venas sacras laterales y la iliobumbar.

El comportamiento de las venas lumbares es muy variable. En la mayoría de los casos, la primera vena lumbar no termina en la cava inferior sino en la vena lumbar ascendente; las restantes venas lumbares terminan en la cara posterior de la vena cava inferior. Las venas lumbares izquierdas, más largas, pasan entre los cuerpos vertebrales y la aorta abdominal.

Las **venas toracoepigástricas** son venas subcutáneas de la pared torácica lateral que anastomosan la vena axilar con venas epigástricas tributarias de la ilíaca externa; se establece así una vía colateral fémoro-axilar en caso de obstrucción de las cavas.

Venas del diafragma

La sangre venosa del diafragma drena en la cava inferior mediante las venas frénicas inferiores y en los troncos braquicefálicos o la ácigos mediante las venas frénicas superiores, pericardiofrénicas y musculofrénicas.

Las **venas frénicas inferiores** acompañan a las arterias homónimas y drenan en la cava inferior inmediatamente por debajo del orificio diafragmático; la izquierda puede anastomosarse con la vena suprarrenal o la renal.

Las **venas frénicas superiores** son pequeñas venas de la parte posterior y superior del diafragma que drenan en las ácigos.

Las **venas pericardiofrénicas** son satélites de la arteria correspondiente; ascienden a los lados del pericardio y suelen terminar en el tronco venoso braquiocefálico respectivo.

Las **venas musculofrénicas** acompañan a las arterias.

VASCULARIZACIÓN DE LAS VÍSCERAS DE LA CAVIDAD ABDOMINOPÉLVICA

El riego arterial de las vísceras de las cavidades abdominal y pélvica depende de ramas colaterales y terminales de la aorta abdominal (Fig. 15-40). Las *ramas colaterales* se clasifican en *ramas viscerales impares* (**tronco celíaco, arteria mesentérica superior y arteria mesentérica inferior)** y *ramas viscerales pares* (**arterias suprarrenales medias, renales y gonadales)**. Las *ramas terminales* son las **arterias ilíacas comunes**.

TRONCO CELÍACO

El **tronco celíaco** es una rama gruesa, corta (1-3 cm) e impar que se desprende de la cara anterior de la aorta abdominal inmediatamente por debajo del hiato aórtico, entre los orígenes de las arterias frénicas inferiores por arriba y la mesentérica superior por abajo (Figs. 15-73, 15-74 y 15-75).

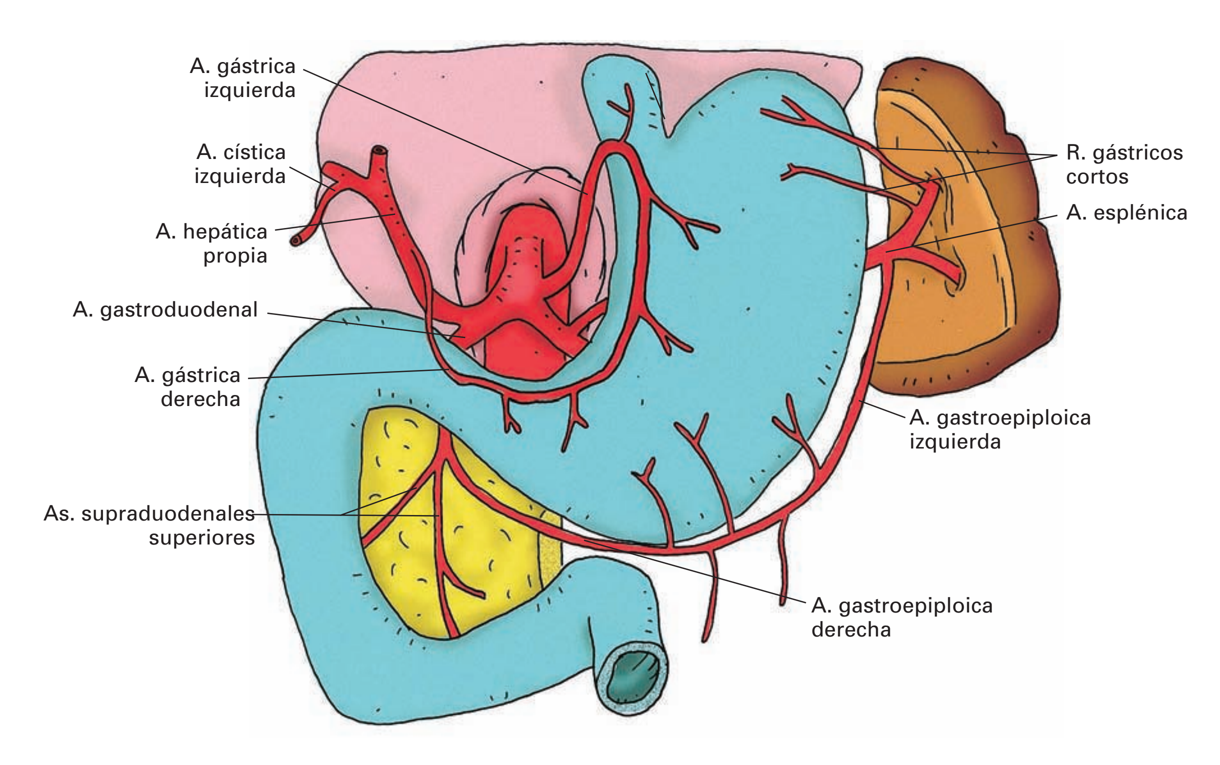


Figura 15-73. Tronco celíaco.

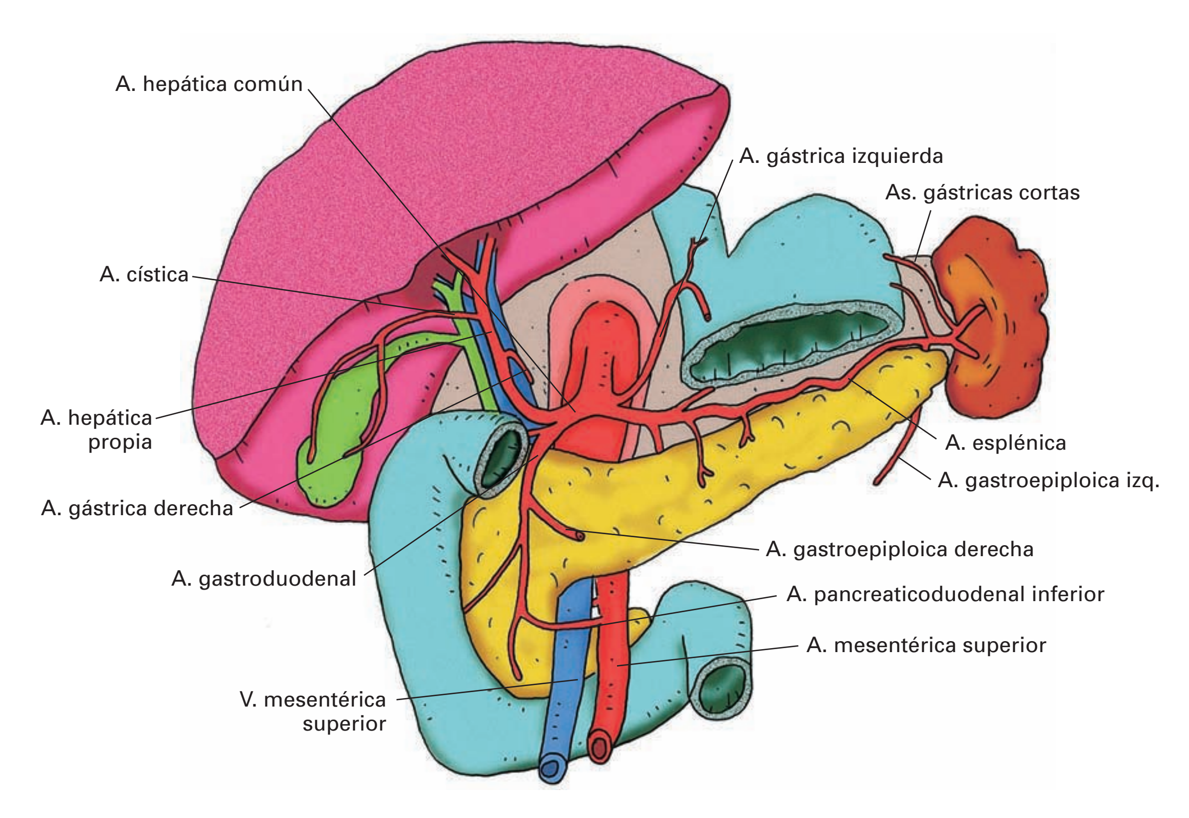


Figura 15-74. Tronco celíaco y sus ramas tras resecar gran parte del estómago.

En la mayoría de los casos, el tronco celíaco se divide en tres ramas: **gástrica izquierda, hepática común y esplénica**. Mediante estos vasos irriga las vísceras supramesocólicas (hígado, vías biliares, estómago, esófago abdominal y bazo) y contribuye a irrigar el complejo duodenopancreático del retroperitoneo.

Situación y trayecto

El tronco celíaco se dirige desde su origen aórtico, a nivel de las vértebras D12 ó L1, al borde superior del páncreas. Es retroperitoneal. Tiene por delante la bolsa omental, a través del peritoneo parietal posterior, y por detrás, la aorta abdominal. A los lados se encuentran los pilares del diafragma y, más allá, en el lado derecho, la vena cava inferior, y en el lado izquierdo la suprarrenal izquierda. El tronco celíaco está rodeado por el plexo nervioso del mismo nombre (plexo celíaco) y los ganglios linfáticos celíacos.

Distribución

ARTERIA GÁSTRICA IZQUIERDA

La **arteria gástrica izquierda** (*arteria coronaria estomáquica*) es la rama más delgada del tronco celíaco. Se dirige hacia arriba y a la izquierda en dirección al cardias por delante del pilar izquierdo y por detrás de la bolsa omental. A nivel del cardias forma un cayado y se curva hacia delante y hacia abajo levantando un pliegue de peritoneo parietal posterior (pliegue gastropancreático). Luego penetra en el borde gástrico del omento menor y desciende, dividida, generalmente, en una rama anterior y otra posterior, a lo largo de la curvatura menor del estómago; cerca del píloro se anastomosa con la arteria gástrica derecha y forma *el arco vascular de la curvatura menor*, del que se desprenden ramos gástricos que irrigan las caras anterior y posterior del estómago.

La arteria está acompañada por la vena gástrica izquierda y los ganglios linfáticos gástricos de la curvatura menor. El tronco vagal anterior está en sus cercanías.

Colaterales

Da **ramos esofágicos** para la porción abdominal del esófago y un **ramo hepático** (inconstante) que alcanza el lóbulo izquierdo del hígado por el omento menor.

Arteria hepática común (Figs. 15-73 y 15-74)

La **arteria hepática común** se dirige hacia delante y a la derecha sobre el cuello del páncreas hasta alcanzar la cara posterior de la primera porción del duodeno donde se divide en dos ramas: **arteria hepática propia** y **arteria gas-**

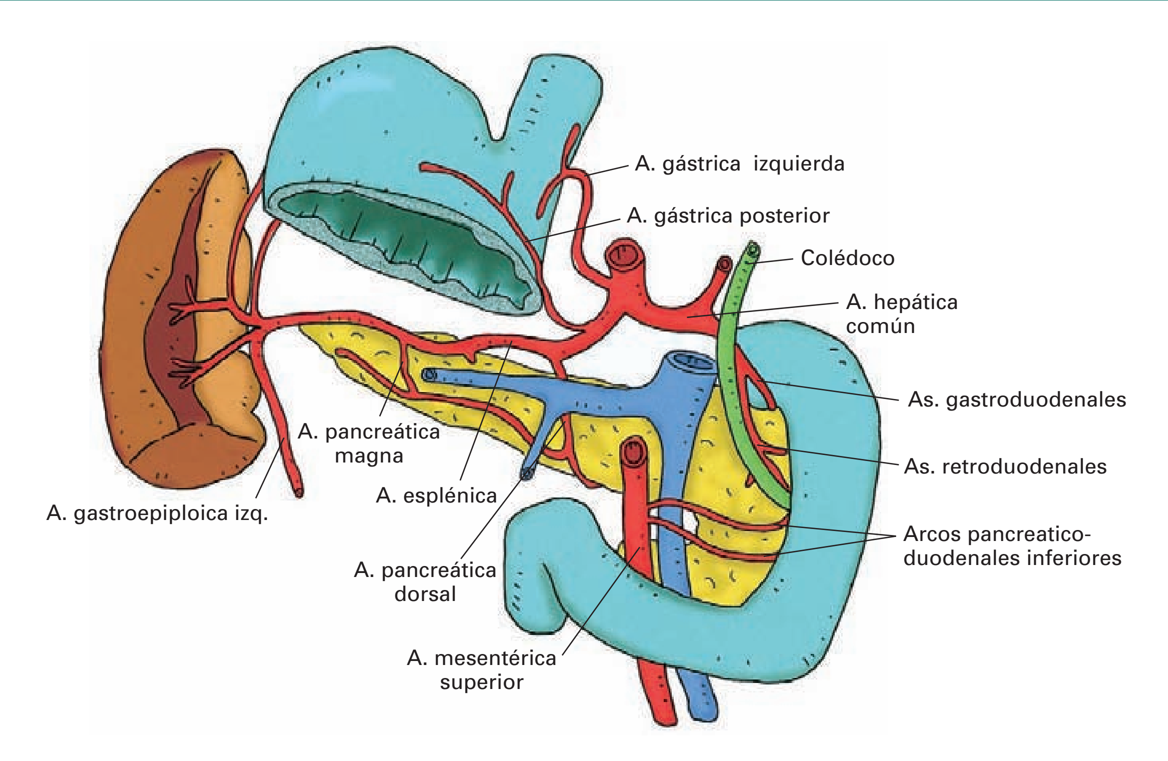


Figura 15-75. Visión posterior de las ramas del tronco celíaco. Gran parte del estómago ha sido resecada. En azul, la vena porta.

troduodenal. En este trayecto se desliza bajo el peritoneo parietal posterior que tapiza la bolsa omental, levantando el pliegue hepatopancreático, por delante de la vena cava inferior.

La **arteria hepática propia** se incurva hacia arriba y penetra en el borde libre del omento menor, por el que asciende formando parte del pedículo hepático, por delante de la vena porta y a la izquierda del conducto hepatocolédoco. Bajo el hilio hepático se divide en arterias hepáticas derecha e izquierda, las cuales penetran en el hígado en compañía de las ramas de la porta. La arteria hepática derecha suele pasar por detrás del conducto hepático derecho. Las ramas hepáticas tienen carácter segmentario y sus ramificaciones siguen, en el interior del hígado, las divisiones de la porta y los conductos biliares (véase Hígado).

Colaterales

La **arteria cística** suele originarse de la rama derecha de la hepática propia; se dirige hacia la derecha, bajo el hígado, y, al llegar al cuello de la vesícula biliar, se divide en una rama superficial y otra profunda que vascularizan las paredes de la vesícula y del conducto cístico.

La **arteria gástrica derecha** (*arteria pilórica*) nace al comienzo de la hepática propia; discurre oblicuamente hacia abajo y hacia dentro en el omento menor, alcanza el borde superior del píloro y se anastomosa con la gástrica izquierda.

La **arteria gastroduodenal** desciende por detrás de la primera porción del duodeno, muy próxima al píloro, y se divide en tres grupos de ramas: supraduodenales superiores, retroduodenales y gastroepiploica derecha.

> Las úlceras de la primera porción del duodeno, si se perforan (invaden todo el espesor de la pared), corren el riesgo de abrirse en la luz de la arteria gastroduodenal y provocar una hemorragia masiva dentro de la cavidad peritoneal. Las úlceras perforadas se manifiestan por un dolor vivísimo que el paciente refiere como «si le clavasen un cuchillo».

Las **arterias supraduodenales superiores** (*arterias pancreaticoduodenales superiores*) se insinúan entre el duodeno y el páncreas y bajan por delante de la cabeza del páncreas dando ramos para ésta y el duodeno.

Las **arterias retroduodenales** descienden por detrás de la cabeza del páncreas y de la segunda porción del duodeno; se entrecruzan con el colédoco, al que irrigan. Dan también ramas para el páncreas y el duodeno.

Las supraduodenales superiores y las retroduodenales se anastomosan formando arcadas arteriales con las pancreaticoduodenales inferiores de la mesentérica superior.

La **arteria gastroepiploica derecha** nace bajo el píloro y se dirige a buscar la curvatura mayor del estómago en el espesor del omento mayor; se anastomosa con la gastroepiploica izquierda (rama de la arteria esplénica) formando

la *arcada arterial de la curvatura mayor*, de la que parten **ramas gástricas** y **ramas epiploicas**.

Arteria esplénica (Figs. 15-74 y 15-75)

La **arteria esplénica** es un vaso voluminoso que se dirige horizontalmente hacia la izquierda, por encima del páncreas, en dirección al hilio del bazo, donde se divide en varias ramas terminales (2 a 5) de carácter segmentario que penetran en el órgano (véase Bazo). Su trayecto es muy sinuoso, por lo que algunas partes se ocultan por detrás del páncreas. La arteria se dispone por detrás del peritoneo de la bolsa omental, cruzando por delante del riñón izquierdo, el pedículo renal izquierdo y la suprarrenal izquierda; en la cola del páncreas penetra en el ligamento esplenorrenal para llegar al bazo. La arteria está acompañada por los ganglios linfáticos pancreáticos superiores y esplénicos, y la vena esplénica, que se dispone por debajo de la arteria.

Colaterales: la esplénica emite ramas para el páncreas, el estómago y los pliegues peritoneales omento mayor, ligamento gastroesplénico y esplenorrenal.

Las **ramas pancreáticas** son un conjunto numeroso y variable de arterias destinadas a irrigar el cuerpo y la cola del páncreas; además de pequeños vasos pancreáticos normalmente se encuentra una arteria pancreática dorsal, una arteria pancreática magna y una arteria de la cola del páncreas.

La arteria pancreática dorsal nace de la porción inicial de la esplénica, desciende por detrás del cuerpo del páncreas y se divide en una rama derecha que se anastomosa con los arcos vasculares de la cabeza del páncreas y una rama izquierda, la **arteria pancreática inferior**, que discurre por detrás de la parte inferior del páncreas hasta la cola.

La **arteria pancreática magna** se origina en la parte media de la esplénica y desciende dando ramas por la superficie dorsal del páncreas.

La **arteria de la cola del páncreas** nace de la porción terminal de la esplénica, pasa por delante de la cola pancreática, a la que irriga, y se anastomosa con las otras ramas.

Las *ramas gástricas* son la gastroepiploica izquierda, las gástricas cortas y la gástrica posterior.

La **arteria gastroepiploica izquierda** se origina de la porción terminal de la esplénica, generalmente de una de las segmentarias inferiores, alcanza la curvatura mayor del estómago siguiendo el ligamento gastroesplénico y luego sigue cerca de ella en el espesor del omento mayor anastomosándose con la gastroepiploica derecha para formar el arco vascular de la curvatura mayor. Da **ramos epiploicos** y **ramos gástricos**; estos últimos son largos y muy numerosos en la porción inicial de la arcada vascular. Las **arterias gástricas cortas** son un conjunto de vasos (2-7) que nacen de la porción terminal de la esplénica o de sus segmentarias, y por el ligamento gastroesplénico terminan en el fondo del estómago.

La **arteria gástrica posterior** es inconstante (60 %), pero muy importante cuando existe. Se origina en cualquier parte de la esplénica, asciende tapizada por delante por el peritoneo parietal posterior hasta el ligamento gastrofrénico, a través del cual se distribuye por el fondo del estómago.

> Esta arteria debe ser tenida muy en cuenta por el cirujano cuando realiza una resección parcial del estómago en la que se quiere conservar la porción superior de este órgano.

Variaciones

Las variaciones del tronco celíaco y de sus ramas son muy numerosas. Las más reseñables son las siguientes:

a) Del tronco celíaco: da sólo dos ramas y la tercera nace independiente; ausencia, con origen independiente de sus tres ramas (muy raro).

b) De la arteria hepática: nacimiento de la aorta o de la mesentérica superior; existencia de una **hepática izquierda accesoria** que nace de la gástrica izquierda o de la aorta; existencia de una **hepática derecha accesoria** que nace de la aorta o de la mesentérica superior (subiendo por detrás de la porta). Las hepáticas accesorias pueden coexistir con la hepática o sustituirla.

c) De la arteria cística: nacimiento en la hepática propia, la gastroduodenal o la rama hepática izquierda, en este último caso puede pasar por delante del conducto hepático derecho; existencia de una **cística accesoria** procedente de la hepática común.

d) De la gástrica izquierda: nacimiento independiente de la aorta o de un tronco con la esplénica o la hepática.

e) De la esplénica: nacimiento aislado en la aorta o de un tronco con las gástrica izquierda; origen en la mesentérica superior.

ARTERIA MESENTÉRICA SUPERIOR

La **arteria mesentérica superior** es un vaso voluminoso que se origina en la cara anterior de la aorta abdominal, aproximadamente a un través de dedo por debajo del tronco celíaco. Irriga el yeyuno, el íleon, el ciego, el apéndice y la mitad derecha del colon, y contribuye a irrigar el complejo duodenopancreático junto con el tronco celíaco.

Situación y relaciones (Fig. 15-76)

La mesentérica superior se dirige hacia abajo, hacia delante y hacia la derecha, primero en posición **retroperitoneal** y luego **intraperitoneal**, siguiendo el espesor de la raíz del mesenterio hasta el ángulo ileocecal, donde llega muy adelgazada debido a las numerosas colaterales que ha ido emitiendo. Tiene una longitud de 20-25 cm. Se distin-

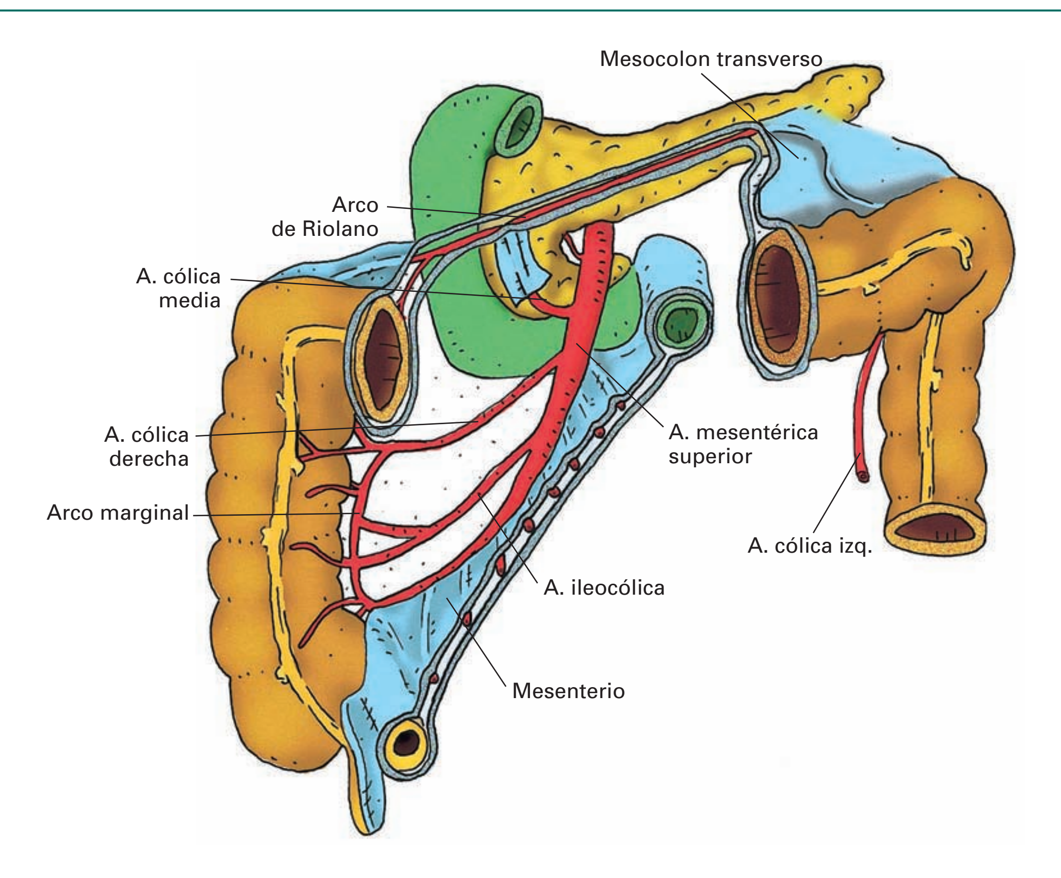


Figura 15-76. Esquema de la arteria mesentérica superior. El mesenterio ha sido conservado en su raíz. El mesocolon transverso ha sido abierto ampliamente. Sobre la arteria cólica media se ha representado el peritoneo parietal para señalar el trayecto retroperitoneal de algunas ramas de la mesentérica superior.

guen en su trayecto tres segmentos: retropancreático, preduodenal e intramesentérico.

Segmento retropancreático: la arteria desciende separándose progresivamente de la aorta, con la que forma una horquilla vascular (*pinza aortomesentérica*) bajo la que se desliza la vena renal izquierda (Fig. 10-1); por delante se encuentra el tronco esplenomesentérico de la porta y el cuerpo del páncreas. La arteria emerge del retroperitoneo por la incisura pancreática y se coloca por delante del gancho del páncreas bajo la raíz del mesocolon transverso.

Segmento preduodenal: a continuación, la mesentérica pasa por delante de la tercera porción del duodeno penetrando en la raíz del mesenterio.

Segmento intramesentérico: siguiendo la raíz del mesenterio, la arteria desciende por delante de la aorta, la cava inferior y el uréter derecho hasta su terminación.

En todo este trayecto, la **vena mesentérica superior** se dispone a la derecha de la arteria.

Distribución

La arteria da las siguientes colaterales: las arterias pancreaticoduodenales inferiores, las ramas intestinales y las ramas cólicas.

Las **arterias pancreaticoduodenales inferiores** se originan a nivel del gancho del páncreas, pasan por detrás de la cabeza del páncreas y se anastomosan con las arterias retroduodenales y supraduodenales para constituir las arcadas pancreáticas.

En la raíz del mesenterio emite ramas para el intestino delgado (ramas intestinales) y ramas para el intestino grueso (ramas cólicas).

Las *ramas intestinales* (Fig. 15-77) son las **arterias yeyunales** (3-8) y las **arterias ileales** (6-10). Estos vasos avanzan en el mesenterio en dirección a las asas intestinales. En general, estas arterias se van bifurcando en ramos que se anastomosan con las vecinas formando arcadas vasculares. Los arcos vasculares son más numerosos y finos a nivel del íleon. De esta red arterial salen **vasos rectos** que penetran en la pared intestinal.

Las *ramas cólicas* son las arterias ileocólica, cólica derecha y cólica media.

La **arteria ileocólica** (Fig. 15-78) desciende hacia el ángulo ileocólico en posición retroperitoneal, siguiendo la raíz del mesenterio. Se divide en una *arteria ascendente* que sube junto al colon ascendente y se anastomosa con la cólica derecha y una *rama descendente (arteria ileal)* que se anastomosa con la terminación de la mesentérica formando el *arco ileocólico*. De la arcada ileocólica salen la **arteria**

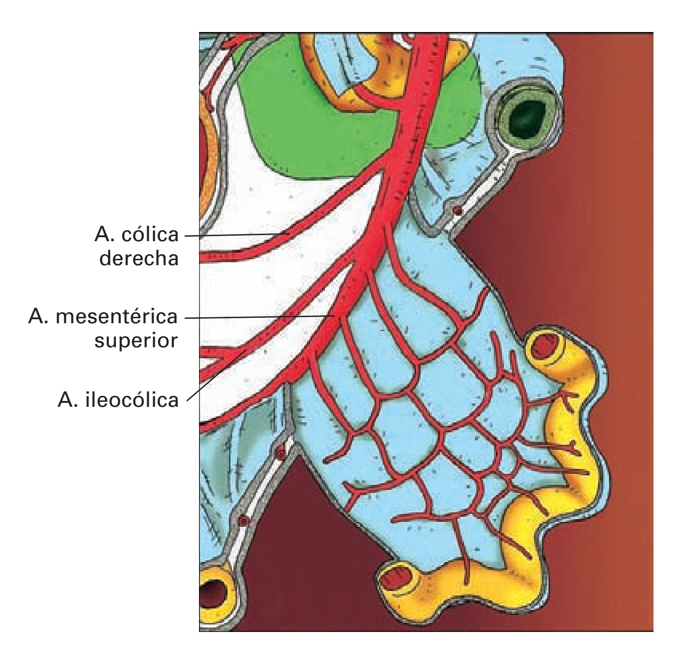


Figura 15-77. Detalle de la arteria mesentérica superior para mostrar las arterias yeyunales e ileales formando arcos vasculares en el interior del mesenterio. La hoja anterior del mesenterio ha sido disecada.

cecal anterior, que llega al ciego por el pliegue cecal anterior, y **la arteria cecal posterior**, que alcanza el ciego por detrás de la terminación del íleon. Una de las cecales emite la **arteria apendicular** que, generalmente, pasa por detrás del íleon y penetra en el mesoapéndice.

> Uno de los pasos fundamentales de la técnica de extirpación del apéndice vermiforme (apendicectomía) es la ligadura de la arteria apendicular.

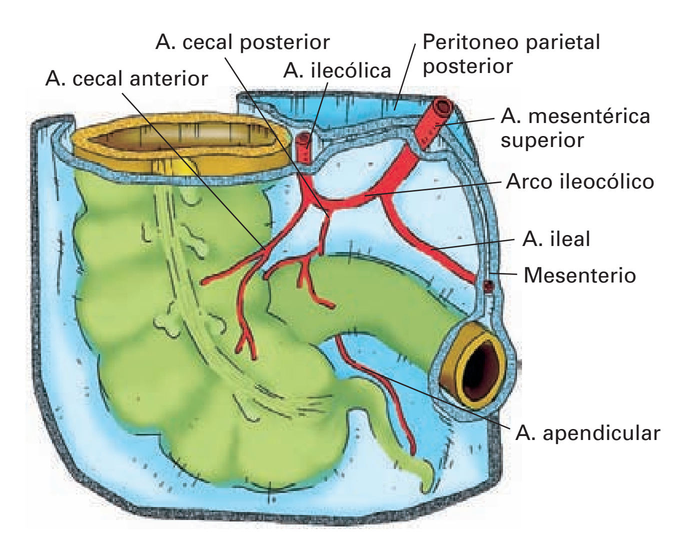


Figura 15-78. Detalle de la terminación de la arteria mesentérica inferior. Arterias cecales.

La **arteria cólica derecha** se dirige hacia el ángulo hepático del colon por delante de la tercera porción del duodeno. Se divide en una *rama ascendente* que sigue el colon transverso anastomosándose con la cólica media en el mesocolon transverso y otra *descendente*, retroperitoneal, que sigue el borde del colon descendente y se une con la ileocólica.

La **arteria cólica media** surge a nivel de la incisura pancreática, penetra en el mesocolon transverso y se bifurca en una *rama derecha* que se anastomosa con la cólica derecha y una *rama izquierda* que se une con la cólica izquierda (rama de la mesentérica inferior).

Las anastomosis que se forman siguiendo el marco cólico forman la **arteria marginal**, de la que parten los **vasos rectos** para la pared intestinal.

Variaciones

Las más frecuentes e importantes son la existencia de una arteria hepática común o de una arteria hepática propia o accesoria que nacen de la mesentérica superior. También puede nacer la esplénica.

ARTERIA MESENTÉRICA INFERIOR

La **arteria mesentérica inferior** nace de la cara anterior de la aorta abdominal por debajo, y a cierta distancia, de la mesentérica superior. Tiene por delante la tercera porción del duodeno, que lo separa de la mesentérica superior, y por detrás se proyecta sobre L3. Irriga la mitad izquierda del colon transverso, el colon descendente, el colon iliopelvico y la parte alta del recto (Fig. 15-79).

Situación y trayecto

La arteria desciende inclinándose ligeramente hacia la izquierda en posición retroperitoneal, separándose de la aorta y aproximándose al uréter izquierdo; cuando llega a la altura de la ilíaca común izquierda, penetra en el mesocolon sigmoide (raíz vertical) y emite su rama terminal, la arteria rectal superior.

Está acompañada por el plexo nervioso mesentérico inferior, los ganglios linfáticos de la cadena mesentérica inferior y la vena mesentérica inferior; esta última se sitúa a la izquierda de la arteria y, a medida que asciende, se separa de la arteria.

Rama terminal

La **arteria rectal superior** (*arteria hemorroidal superior*) es la prolongación de la mesentérica inferior. Desciende por la porción vertical del mesocolon sigmoide pasando por delante de los vasos ilíacos primitivos izquierdos; al llegar

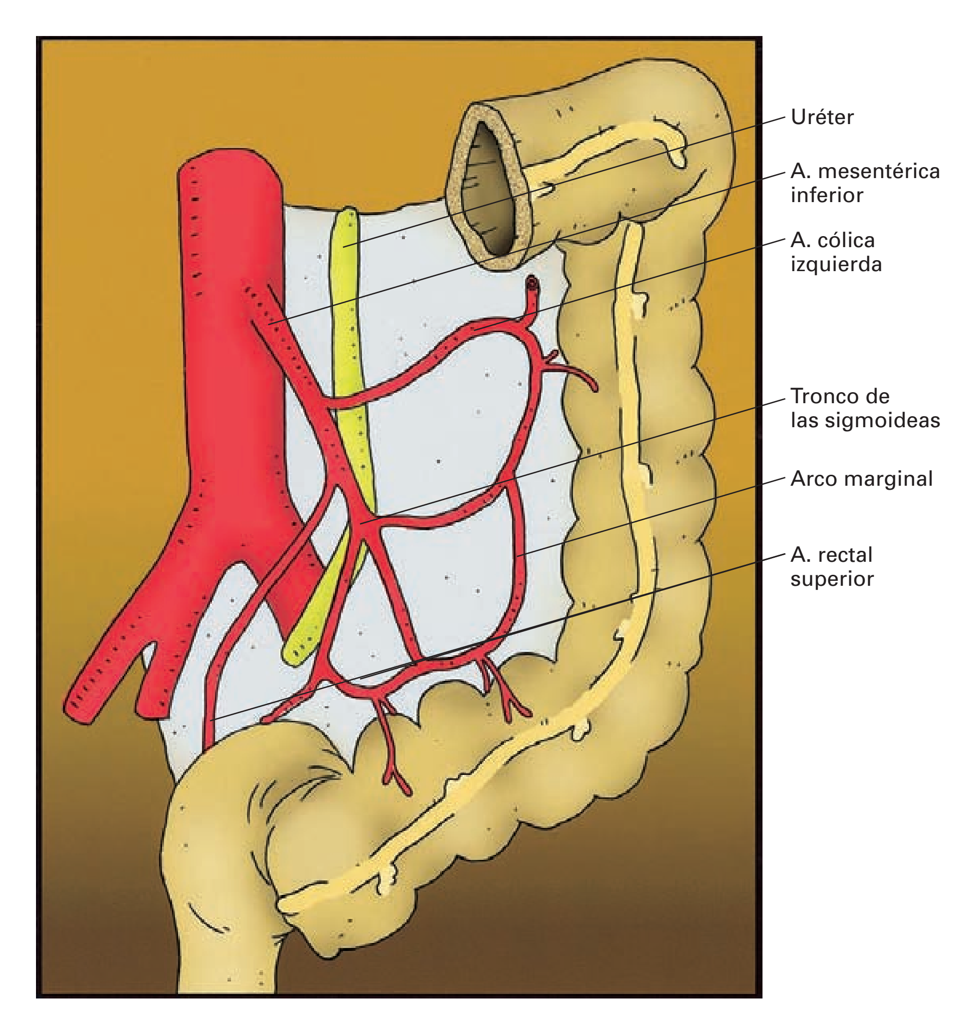


Figura 15-79. Arteria mesentérica inferior.

a la altura de S-3 se divide en dos ramas, derecha e izquierda, que buscan las paredes del recto.

Ramas colaterales

La **arteria cólica izquierda** se dirige hacia el colon descendente en posición retroperitoneal describiendo un ligero arco ascendente hacia la izquierda. Se divide en un *ramo descendente* que sigue el borde del colon y se anastomosa con el tronco de las sigmoideas y un *ramo ascendente* que penetra en el mesocolon transverso a nivel del ángulo izquierdo del colon y se anastomosa con la cólica media formando el *arco de Riolano*. La cólica izquierda acompaña a la vena mesentérica inferior y con ella cruza por delante de los vasos gonadales, el uréter y el psoas.

Las **arterias sigmoideas** suelen nacer de un tronco común que penetra inmediatamente en la raíz oblicua del mesocolon sigmoide para alcanzar el colon iliopélvico, y se divide en *tres ramas* que se bifurcan y unen entre sí. Las ramas más altas se anastomosan con la cólica izquierda y las más bajas con la rectal superior.

En conjunto, en el margen izquierdo del colon y hasta el recto se forma un arco vascular que contribuye junto con el de la mesentérica superior a formar la **arteria marginal**, de la que parten los **vasos rectos** para las paredes intestinales.

RAMAS VISCERALES PARES DE LA AORTA ABDOMINAL

La aorta abdominal emite las arterias suprarrenales medias, las renales y las gonadales.

Arterias suprarrenales medias
(Figs. 10-1 y 15-40)

Las **arterias suprarrenales medias**, derecha e izquierda, nacen, a cada lado, de la aorta abdominal cerca del origen de la mesentérica superior. Pasan por delante de los pilares del diafragma, por encima de las arterias renales y abordan la glándula suprarrenal. La izquierda tiene relaciones muy

próximas con el páncreas y la arteria esplénica. La derecha, más larga, pasa por detrás de la cava inferior.

Las glándulas suprarrenales son irrigadas también por las arterias suprarrenales superiores (ramas de la frénica inferior) y la suprarrenal inferior (rama de la renal); todas estas arterias se anastomosan en el interior de la glándula.

Arterias renales (Figs. 10-1, 10-10 y 15-40)

Las arterias renales son dos vasos gruesos, derecho e izquierdo, que se originan a los lados de la aorta un poco por debajo del origen de la mesentérica superior, a nivel de L1 o L2. Van hacia fuera, por delante del psoas, a buscar el hilio renal, donde se dividen generalmente en cinco arterias segmentarias que rodean la pelvis renal (véase Riñón). En este trayecto, las arterias renales están cubiertas por delante por las venas renales correspondientes. La vena renal derecha, más larga, pasa además por detrás de la vena cava inferior. El plexo nervioso renal rodea la arteria en todo su trayecto.

Colaterales

La **arteria suprarrenal inferior** asciende hacia la glándula y penetra en su interior.
Ramas ureterales, finas, para la parte alta del uréter.

Arterias renales supernumerarias

Casi en un tercio de los casos se observan arterias que se desprenden de los flancos de la aorta abdominal y se dirigen al riñón (véase Vascularización del riñón).

Arterias gonadales: arterias testiculares u ováricas (Fig. 10-1)

Las arterias gonadales son la arterias testicular, en el varón, y la ovárica, en la mujer.

Las **arterias testiculares u ováricas** se originan en la cara anterior de la aorta abdominal, entre el origen de las renales y la mesentérica inferior. Son dos vasos largos y delgados, derecho e izquierdo. La longitud se debe a que las gonadas se forman embrionariamente en el abdomen, junto a los riñones, y descienden progresivamente durante el desarrollo fetal a su posición definitiva. Dado que el ovario se sitúa en la pelvis y el testículo en el escroto, estos vasos tienen un trayecto similar hasta la fosa ilíaca y diferente a partir de ella.

Segmento común: desde el origen hasta los vasos ilíacos externos en la fosa ilíaca.

Las arterias gonadales descienden en el retroperitoneo oblicuamente hacia fuera, pasando por detrás del psoas y del uréter; además, la gonadal derecha pasa por delante de la vena cava inferior. Delante de ellas hay estructuras diferentes en el lado derecho e izquierdo. La gonadal derecha pasa por detrás de la tercera porción del duodeno y la raíz del mesenterio con los vasos mesentéricos superiores y sus ramas cólicas. La gonadal izquierda pasa por detrás de la cuarta porción del duodeno y los vasos mesentéricos inferiores con sus ramas.

Segmento diferencial

La **arteria testicular** sigue por fuera de la arteria ilíaca externa entre el peritoneo y la fascia ilíaca hasta el anillo inguinal profundo. Penetra en el conducto inguinal incorporándose al cordón espermático y alcanza el borde posterior del testículo, donde se divide en ramas para el testículo y el epidídimo.

La **arteria ovárica** cruza medialmente los vasos ilíacos externos y pasa a la pelvis. Por el ligamento suspensorio del ovario alcanza el ligamento ancho y, a su través, penetra por el mesoovario dando **ramas ováricas**; otras pasan a la trompa uterina (ramas tubáricas) y otras al ligamento redondo, con el que alcanza la piel de los labios mayores. Se anastomosa con la uterina en el espesor del ligamento ancho.

Las arterias testicular y ovárica están rodeadas de un plexo nervioso perigonadal y un *plexo venoso pampiniforme* que proviene de las gonadas y que, en la parte alta del trayecto, confluye en la vena testicular u ovárica correspondiente.

Colaterales

Ramas **uretéricas**, cortas y muy variables.

ARTERIA ILÍACA COMÚN (Figs. 15-40 y 15-80)

Las arterias ilíacas comunes se originan a nivel de la cuarta vértebra lumbar como ramas terminales de la aorta abdominal. Se dirigen hacia abajo y hacia fuera divergiendo como las ramas abiertas de una pinza. Tras un corto recorrido hasta situarse por delante de la articulación sacroilíaca y a ambos lados del promontorio, acaban bifurcándose en arterias ilíacas interna y externa.

El peritoneo parietal posterior las recubre por delante y las venas ilíacas comunes les sirven de lecho sobre las que se apoyan por detrás. A los lados, se encuentra el músculo psoas. La arteria ilíaca común izquierda está cruzada anteriormente por la raíz del mesocolon sigmoide y, con frecuencia, también por el uréter.

ARTERIA ILÍACA EXTERNA (Fig. 15-80)

La **arteria ilíaca externa** se extiende, siguiendo el estrecho superior de la pelvis, hasta el ligamento inguinal, donde, a

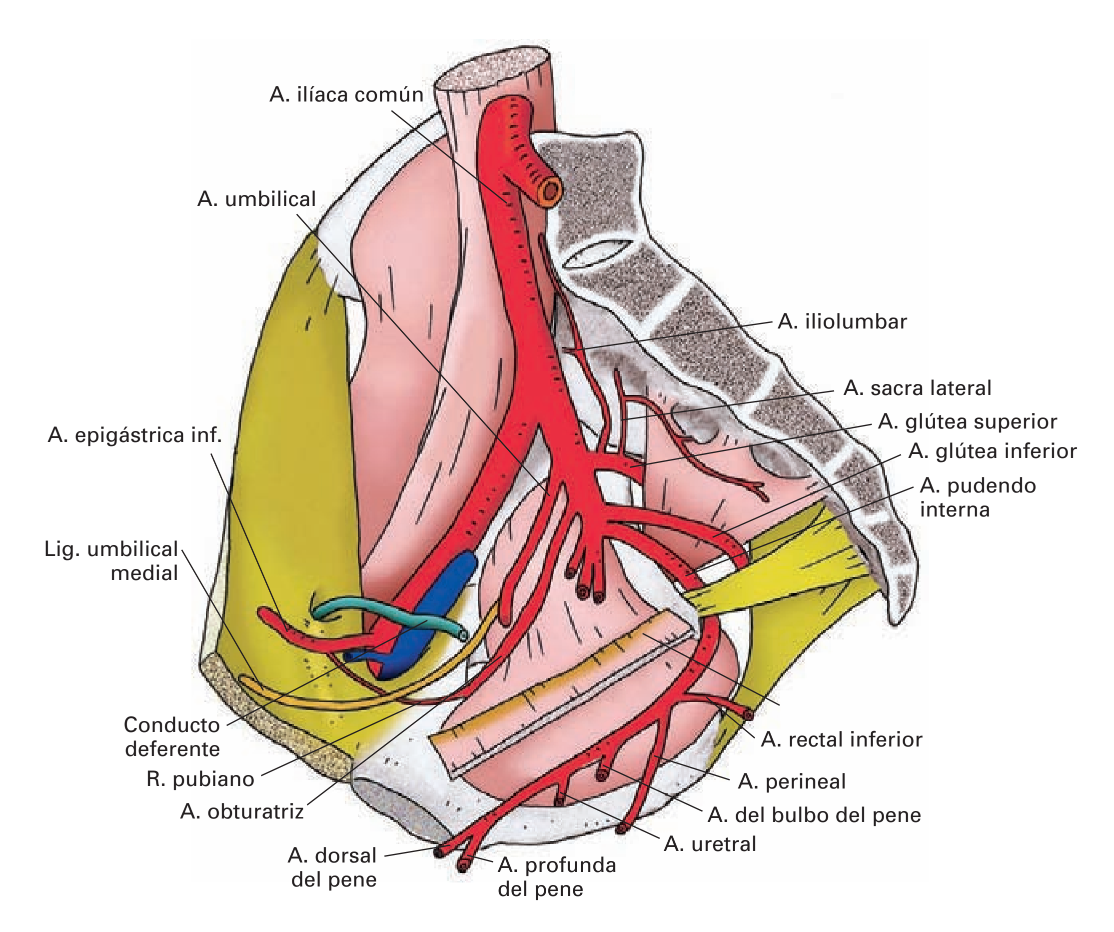


Figura 15-80. Arterias ilíacas comunes, externa e interna. Ramas parietales de la arteria ilíaca interna.

nivel de la laguna vascular, pasa al muslo con el nombre de arteria femoral. Este vaso está, pues, destinado a la extremidad inferior pero antes de salir de la pelvis emite dos colaterales para la pared abdominal, las arterias **epigástrica inferior** y **circunfleja ilíaca profunda**.

La arteria se apoya, por detrás y por fuera, sobre el músculo psoas. Por delante está recubierta por el peritoneo parietal y a través del mismo se relaciona en el lado derecho con el ciego y en el lado izquierdo con el colon sigmoide. Las venas homónimas se disponen por debajo y por detrás, tapizadas por una vaina común.

Diversas estructuras se relacionan muy directamente con la arteria. El nervio genitofemoral discurre lateralmente. El ovario se encuentra en sus proximidades, generalmente por debajo. Los vasos ováricos saltan por delante y por dentro. Cerca de su terminación, el conducto deferente o el ligamento redondo se sitúan medialmente. En el lado derecho, el uréter cruza por delante de la arteria para pasar a la pelvis.

Colaterales

La **arteria epigástrica inferior** (Figs. 15-70, 15-71, 15-80) se origina en la vecindad del anillo inguinal profundo. Contornea inferior y medialmente el cordón espermático o el ligamento redondo y asciende hacia la línea arqueada para penetrar en la vaina del recto del abdomen. Sube por detrás de este músculo hasta anastomosarse con la torácica interna, rama de la subclavia y formar conjuntamente la *vía arterial longitudinal anterior* de la pared del tronco.

Desde su origen hasta la línea arqueada, la arteria se desliza entre el peritoneo parietal anterior y la fascia transversal formando el pliegue umbilical lateral; a partir de la línea arqueada, la arteria se sitúa entre la hoja posterior de la vaina del recto y el músculo, penetrando finalmente en el espesor de éste.

Además de irrigar la pared abdominal, emite las siguientes ramas: **arteria cremastérica** o **arteria del ligamento redondo**, **arteria obturatriz accesoria** y una rama muy fina destinada al pubis (**rama púbica**).

En el varón, la **arteria cremastérica** penetra en el anillo inguinal profundo, se incorpora al cordón espermático y contribuye a vascularizar las envolturas escrotales. En la mujer, acompaña al ligamento redondo hasta los labios mayores.

La **arteria obturatriz accesoria** se encuentra en un 25 % de casos. Desciende por detrás del ligamento lacunar y del pubis para unirse con la arteria obturatriz, a la que puede llegar a reemplazar.

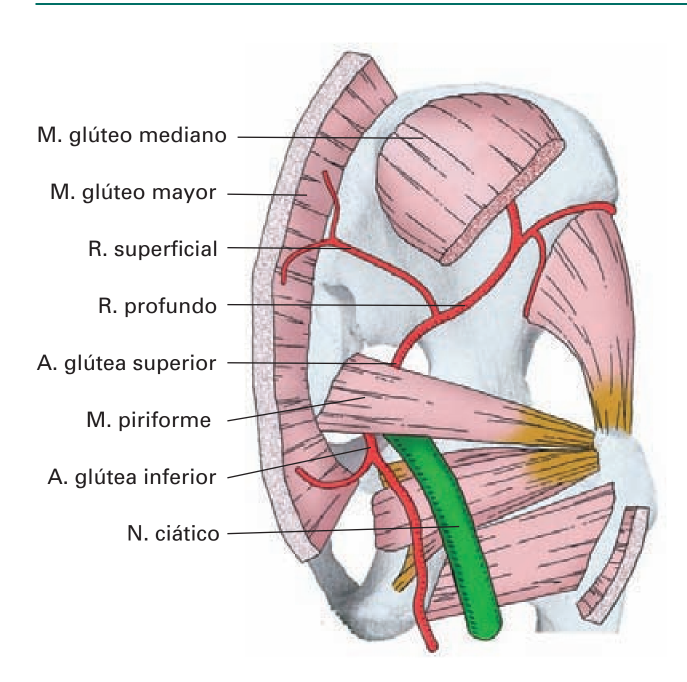


Figura 15-81. Representación esquemática de los planos profundos de la región glútea para mostrar el trayecto de las arterias glúteas superior e inferior. Los músculos glúteo mayor y mediano han sido parcialmente seccionados.

> La arteria epigástrica inferior tiene gran importancia en cirugía, pues puede lesionarse en el curso de intervenciones de hernias inguinales o crurales, o por practicar una incisión inadecuada de la pared abdominal para extirpar el apéndice vermiforme.

La **arteria circunfleja ilíaca profunda** se dirige hacia la espina ilíaca anterosuperior por encima del ligamento inguinal, tapizada por detrás por el peritoneo. Da finos ramos para la parte inferior de la pared abdominal.

ARTERIA ILÍACA INTERNA

La **arteria ilíaca interna** (*arteria hipogástrica*) es la arteria principal de la pelvis y vasculariza las vísceras pélvicas, las paredes de la pelvis incluidas la región glútea, obturatriz, el periné y los genitales externos.

Nace por delante de la articulación lumbosacra (sacroilíaca) como rama de bifurcación interna y posterior de la ilíaca común.

Situación y trayecto

La arteria ilíaca interna tiene un comportamiento muy variable tanto en la manera de comportarse su tronco de origen como es la forma de distribución de sus ramas. En el modelo más general (60-65 %), la arteria desciende hacia la pelvis menor cruzando el estrecho superior hasta alcanzar el borde superior de la escotadura isquiática mayor, donde se divide en un tronco anterior (continuación del primitivo vaso embrionario) y un tronco posterior. El *tronco anterior* desciende a buscar la escotadura infrapiriforme y va dando ramas viscerales y parietales. El *tronco posterior* emite exclusivamente ramas parietales.

La arteria desciende en una especie de rincón osteomuscular comprendida entre la aleta sacra y la articulación sacroilíaca por detrás, y los músculos psoas y obturador interno por fuera. Está tapizada por delante por el peritoneo parietal; en el lado izquierdo está cubierta por el mesocolon sigmoide.

En este trayecto contrae importantes relaciones con diversas estructuras: *por detrás*, entre el sacro y la arteria, se encuentran la vena ilíaca interna y el tronco lumbosacro; *por fuera*, separándola del psoas, esta la vena ilíaca externa y, más inferiormente, el nervio obturador que busca la pared lateral de la pelvis; *por delante* se encuentra el uréter (en el lado izquierdo, el uréter pasa por dentro o por detrás de la arteria, según el punto de cruce de este órgano con los vasos ilíacos) y en la mujer entra en relación con el ovario y la trompa uterina; *por dentro*, el peritoneo la separa de la porción terminal del colon iliopélvico.

La arteria y sus ramas viscerales viajan en la pelvis por el **espacio pelvirrectal superior** o **espacio pelvivisceral**. Este espacio se dispone a los lados de las vísceras pélvicas, entre el peritoneo por arriba y la fascia pélvica por abajo. Es, en realidad, el espacio por el que los vasos y nervios alcanzan las vísceras de la pelvis. El tejido conectivo que le ocupa se condensa en torno a los vasos y sus ramas formando la *vaina hipogástrica*.

Distribución

La arteria ilíaca interna da ramas parietales y ramas viscerales. Las ramas parietales del tronco anterior son las arterias obturatriz, pudenda interna y glútea inferior, las del tronco posterior son la iliolumbar, las sacras laterales y la glútea superior. Las ramas viscerales son la umbilical, vesical inferior, uterina, vaginal y del conducto deferente.

Ramas parietales

a) Del tronco anterior

Arteria obturatriz (Fig. 15-80)

La **arteria obturatriz** se dirige hacia delante siguiendo la pared lateral de la pelvis bajo los vasos ilíacos externos y adosada a la fascia del músculo obturador interno. Sale de la pelvis por el canal obturador y se divide en una **rama anterior** y otra **posterior** que siguen los bordes respectivos del agujero obturador describiendo un círculo anasto-

mótico e irrigan los músculos obturadores y la parte alta de los aproximadores.

La arteria obturatriz forma parte del paquete vasculonervioso que sigue la pared lateral de la pelvis: el nervio obturador por arriba y la vena obturatriz por abajo. En la mujer, el ovario es medial a la arteria, a través del peritoneo pélvico del ligamento ancho.

Colaterales

La **rama pubiana** nace cuando la arteria penetra en el canal obturador, se dirige hacia arriba por detrás del ligamento lacunar y se anastomosa con la arteria epigástrica inferior y con la del lado opuesto. En ocasiones, este vaso es relativamente grueso y no debe lesionarse cuando se diseca una hernia crural.

La **rama acetabular** se origina fuera del canal subpubiano, generalmente de la rama posterior. Penetra por la escotadura acetabular e irriga la articulación coxofemoral. Da la delgada *arteria del ligamento redondo*, con la que alcanza a nutrir la cabeza del fémur.

Da pequeñas **ramas musculares** intrapélvicas para el obturador interno, el psoas y el elevador de ano y **ramas nutricias** para el íleon.

Arteria glútea inferior (Figs. 15-80 y 15-81)

La **arteria glútea inferior** (*arteria isquiática*) pasa hacia atrás entre las ramas del plexo sacro (generalmente los nervios S-2 y S-3) y sale de la pelvis por la escotadura infrapiriforme del agujero sacrociático mayor para aparecer en la región glútea. Desciende oculta por el músculo glúteo mayor, medialmente al nervio isquiático hasta la parte alta del muslo. Irriga músculos y piel de la región glútea y de la parte posterior del muslo. Da la **arteria del nervio isquiático** y **ramas coccígeas** que atraviesan el ligamento sacrotuberoso para distribuirse por la región coccígea.

Arteria pudenda interna (Figs. 15-80 y 15-82)

La **arteria pudenda interna** es la arteria del periné y de los genitales externos, razón por la cual presenta diferencias sexuales. Desciende del tronco anterior por delante del músculo piramidal y del plexo sacro, y sale de la pelvis por la escotadura infrapiriforme, para aparecer brevemente en la profundidad de la región glútea, adosada a la

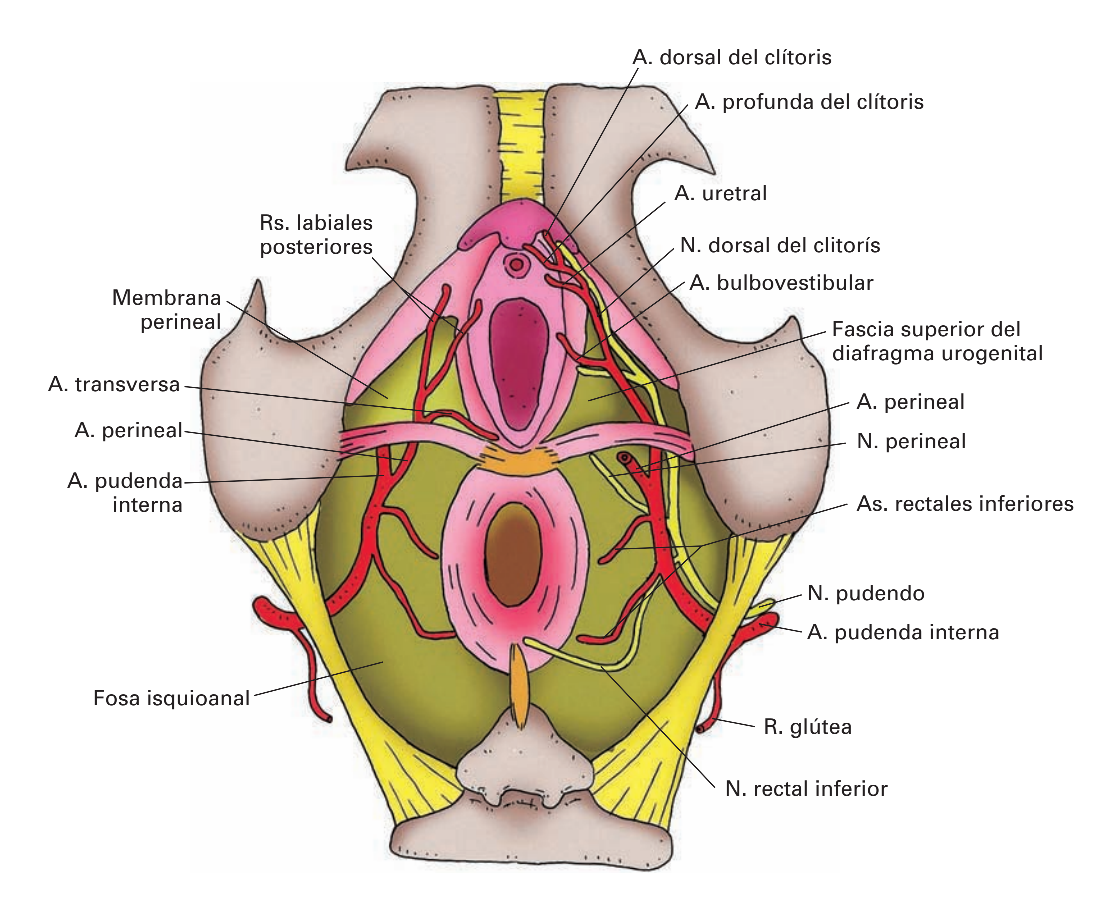


Figura 15-82. Arteria pudenda interna y nervio pudendo (lado izquierdo) en una visión inferior del periné femenino. En el lado izquierdo se ha seccionado la arteria perineal.

espina ciática. Contorneando esta espina, penetra en el periné por el agujero isquiático menor. En el periné se dispone primero en la fosa isquiorrectal, donde ocupa el conducto pudendo (*canal de Alcock*) situado en la pared externa de esta fosa, luego, recorre hacia delante el espacio perineal profundo junto a la rama inferior del pubis; en la proximidad del borde inferior de la sínfisis pubiana se divide en dos ramas terminales: la arteria dorsal del pene o del clítoris y la arteria profunda del pene o del clítoris.

La arteria está acompañada por el nervio pudendo y dos venas pudendas.

Terminales

La **arteria dorsal del pene** pasa bajo la sínfisis del pubis y por delante del ligamento transverso del periné, colocándose sobre el dorso del cuerpo cavernoso. Atraviesa el ligamento suspensorio del pene y camina sobre la superficie de este órgano hasta el glande, donde se une a la del lado opuesto formando un anillo arterial a nivel de la corona, de la que parten ramas para el glande y el prepucio. En su trayecto vasculariza la piel del pene y los cuerpos cavernosos y esponjoso.

Sobre el pene se dispone profundamente a la fascia peniana, en compañía del nervio dorsal del pene; la vena dorsal profunda, impar, separa ambas arterias entre sí (Fig. 11-10).

En la mujer, la **arteria dorsal del clítoris**, atraviesa el ligamento suspensorio del clítoris, se dispone de manera semejante e irriga los tejidos superficiales y profundos de este órgano, en especial, el glande y el prepucio.

La **arteria profunda del pene** (*arteria cavernosa*) es una de las ramas fundamentales de la pudenda interna. Atraviesa el ligamento transverso del periné y penetra en el cuerpo cavernoso de su lado disminuyendo notablemente de volumen a lo largo de su recorrido.

En la mujer, la **arteria profunda del clítoris**, mucho más fina y corta que en el hombre, irriga el cuerpo cavernoso.

Colaterales

En la región glútea: la **rama glútea** que se desprende a nivel de la espina ciática e irriga el músculo glúteo mayor.

En la fosa isquioanal: las arterias rectal inferior y perineal.

La **arteria rectal inferior** (*arteria hemorroidal inferior*) atraviesa la grasa de la fosa isquiorrectal dividiéndose en varias ramas para el conducto anal (Fig. 15-84).

La **arteria perineal** (*arteria perineal superficial*) es muy variable en su distribución. Se origina en el extremo anterior del conducto pudendo, se hace superficial y se dirige hacia delante en el espacio perineal superficial del periné anterior. Irriga los músculos isquicavernoso y bulbocavernoso y la piel de la zona.

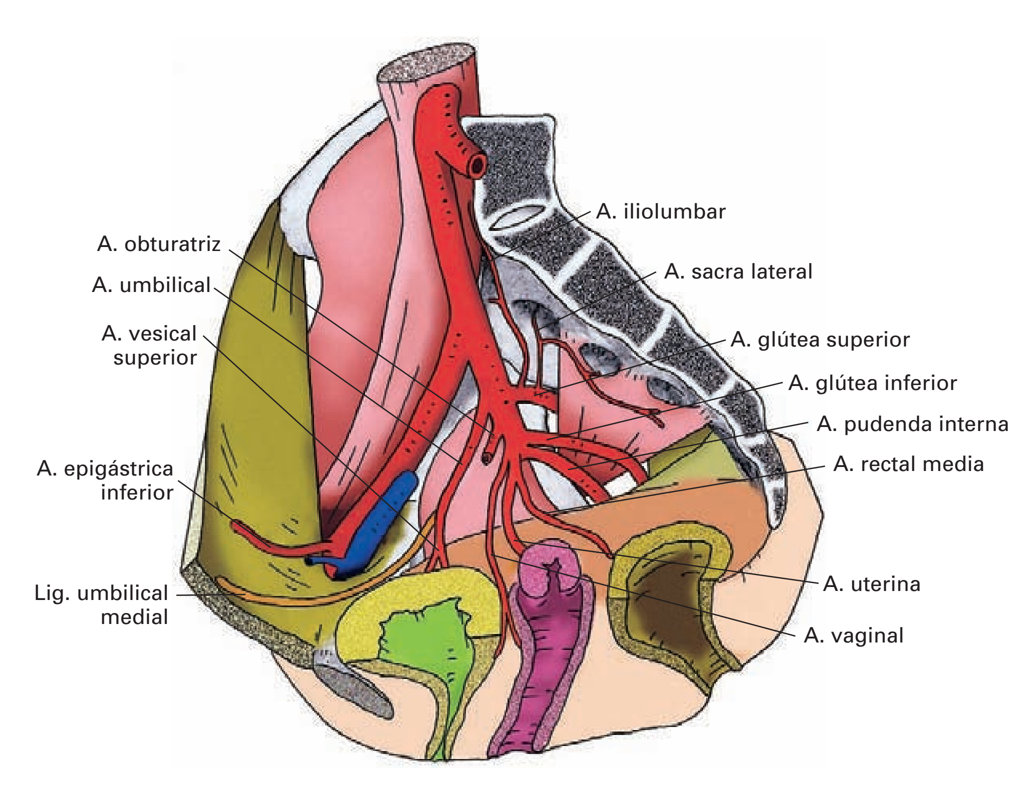


Figura 15-83. Ramas viscerales de la arteria ilíaca interna de la mujer.

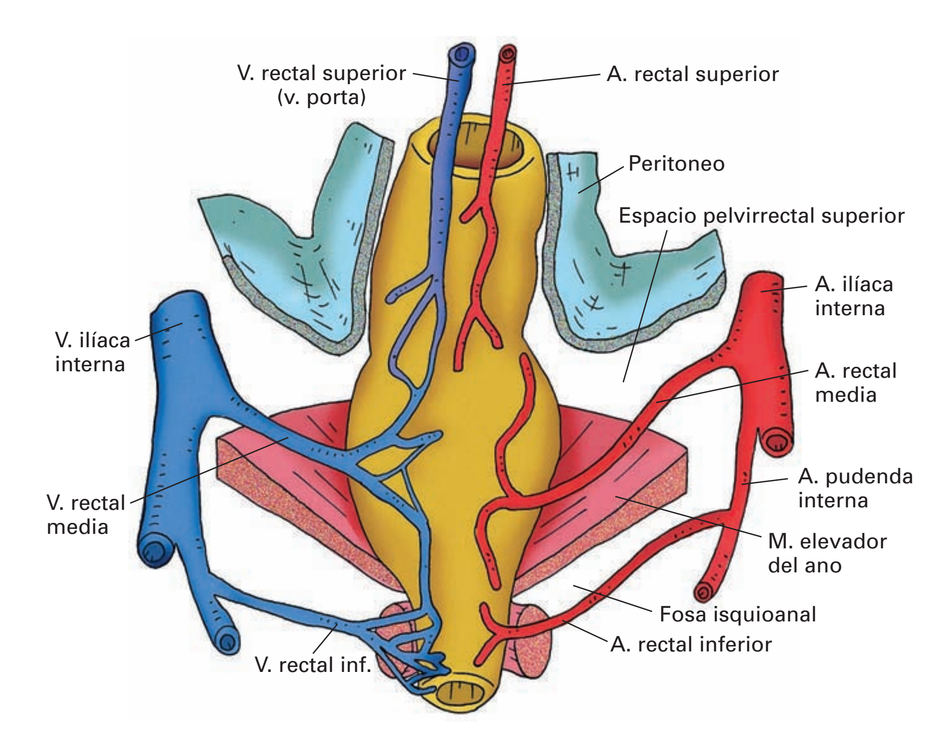


Figura 15-84. Vascularización del recto.

En el varón da **ramos escrotales posteriores** que se distribuyen por la piel del escroto, y en la mujer, las **ramas labiales posteriores** que irrigan la piel de los labios mayores.

En el periné anterior emite las arterias uretral y del bulbo del pene o del bulbo vestibular.

La **arteria uretral** (*arteria bulbouretral*), delgada, se origina cerca del pubis, atraviesa la membrana perineal por delante de la uretra y penetra en el cuerpo esponjoso irrigando la uretra y el tejido eréctil.

En la mujer, muy corta, irriga la uretra y el tejido uretral del bulbo vestibular.

La **arteria del bulbo del pene** (*arteria del bulbo*) es un vaso grueso y corto que atraviesa los músculos del diafragma urogenital, a los que irriga, y penetra en el bulbo peniano. Vasculariza el tejido eréctil del bulbo y la uretra bulbar y da una rama para la glándula bulbouretral.

En la mujer, la **arteria del bulbo vestibular** (*arteria del bulbo del vestíbulo vaginal*) lo aborda por su superficie externa y se ramifica profusamente por su tejido eréctil y el de la vagina.

b) Del tronco posterior

Arteria glútea superior (Figs. 15-80, 15-81 y 15-83)

La **arteria glútea superior** (*arteria glútea*) es la continuación del tronco posterior. Es un vaso voluminoso que se dirige hacia abajo y hacia atrás pasando entre el tronco lumbosacro y el primer nervio sacro. Sale de la pelvis por la escotadura suprapiriforme en compañía del nervio glúteo superior y aparece en la región glútea. Emite un ramo superficial que irriga profusamente el glúteo mayor y la piel, y un **ramo profundo** que se introduce entre los músculos glúteos mediano y menor, a los que irriga, dividiéndose finalmente en un **ramo superior** que llega hasta el tensor de la fascia lata y un **ramo inferior** que alcanza la articulación coxofemoral.

En su trayecto intrapelviano da ramas para el piramidal, el plexo sacro y la articulación sacroilíaca.

Arteria iliolumbar (Figs. 15-80 y 15-83)

La **arteria iliolumbar** es un vaso recurrente que asciende por detrás del tronco de la ilíaca interna, entre ésta y la articulación sacroilíaca, y se coloca por detrás del psoas entre los nervios obturador y tronco lumbosacro. Se divide en una **rama ilíaca**, que nutre el músculo psoas ilíaco y da ramos nutricios para el íleon, y una **rama lumbar**, que asciende a irrigar el psoas, el cuadrado lumbar y la masa común del erector del tronco; da un **ramo espinal** que penetra en el conducto vertebral por el agujero de conjunción lumbosacro. Se anastomosa con las arterias lumbares, y en ocasiones, emite la quinta arteria lumbar.

Arterias sacras laterales (Figs. 15-80, 15-83)

Las **arterias sacras laterales** son habitualmente dos, la superior y la inferior, que pueden nacer de un tronco co-

mún. La **rama superior**, corta, penetra en el primer agujero sacro anterior. La **rama inferior** desciende por delante del músculo piramidal y del plexo sacro, a los que irriga, y va proporcionando ramas que penetran en los agujeros sacros anteriores.

En el interior del sacro, las arterias sacras vascularizan las vértebras y dan un **ramo espinal** para la meninge y la cola de caballo, y un «ramo dorsal» que sale por los agujeros sacros posteriores para irrigar los músculos y la piel que recubre el sacro.

Envía puentes anastomóticos a la arteria sacra media.

Ramas viscerales (Fig. 15-83)

Las ramas viscerales irrigan las vísceras del espacio infraperitoneal. Tienen gran variabilidad en la forma de originarse y, en consecuencia, no hay criterios unánimes sobre su sistematización. En su porción inicial se sitúan en el espacio vasculonervioso de la pelvis (espacio pelvivisceral).

Arteria umbilical

La **arteria umbilical** se extiende desde el tronco anterior hasta el ombligo. En el período prenatal es de excepcional importancia pues lleva la sangre del feto a la placenta; en el momento del nacimiento, gran parte de la arteria, excepto la parte más posterior de su porción pelviana, se oblitera formando un cordón fibroso, el **ligamento umbilical medial**.

La arteria se dirige hacia delante por fuera de la vejiga y luego, en forma de ligamento, sube por la pared abdominal tapizada por el peritoneo hasta el ombligo (pliegue umbilical medial). Justo antes de transformarse en cordón fibroso emite la **arteria vesical superior**, que se divide en numerosas ramas para irrigar la parte superior de la vejiga de la orina y la porción terminal del uréter (**ramos ureterales**).

Arteria vesical inferior

La **arteria vesical inferior** es, en realidad una arteria genitourinaria. Se dirige hacia abajo a irrigar el fondo y la parte inferior de la vejiga, las vesículas seminales y la próstata (**ramos prostáticos**).

Arteria vaginal

La **arteria vaginal** es, generalmente, el equivalente en la mujer de la vesical inferior. Desciende a buscar la pared lateral de la vagina y da ramas vesicales para el fondo y la parte inferior de la vejiga. En la pared vaginal se anastomosa con la del lado opuesto y con la uterina.

Arteria del conducto deferente

La **arteria del conducto deferente** es un fino vaso que acompaña al conducto deferente hasta el epidídimo, donde se anastomosa con la arteria testicular. Su origen es muy variable: en la vesical superior o inferior, en la umbilical, o directamente en la ilíaca interna.

Arteria rectal media (Fig. 15-84)

La **arteria rectal media** (*arteria hemorroidal media*) se dirige hacia abajo y hacia dentro sobre el músculo elevador del ano en dirección a la pared rectal, donde se ramifica por la parte inferior de la porción pelviana del recto y se anastomosa con las otras arterias rectales. En el varón se anastomosa con ramas prostáticas y en la mujer con ramas vaginales.

Arteria uterina (Figs. 12-1 y 15-85)

La **arteria uterina** es la correspondiente, en la mujer, a la arteria del conducto deferente.

> Tiene excepcional importancia fisiológica y clínica. Experimenta cambios menstruales en su trayecto intrauterino y durante el embarazo debe acompañar a las modificaciones morfológicas de la gestación. Debe identificarse con precisión en las intervenciones pélvicas, para no lesionarla y provocar una grave hemorragia interna, o poder ligarla antes de practicar una histerectomía.

La arteria desciende hacia dentro siguiendo, primero, la pared lateral de la pelvis; penetra, luego, en la base del ligamento ancho en dirección al cuello uterino, donde se cruza con el uréter pasando por encima y por delante del mismo; finalmente, formando un cayado, asciende siguiendo el borde lateral del útero hasta alcanzar la trompa uterina. En este trayecto es muy flexuosa (para adaptarse a los cambios uterinos y tener una reserva de elongación). Bajo la trompa uterina, da la **rama tubárica** (*arteria tubárica interna*), que camina en el mesosalpinx e irriga la trompa, y la **rama ovárica**, que penetra por el mesoovario. Ambas arterias se anastomosan con las ramas de la arteria ovárica.

Da múltiples ramas para el cuello y el cuerpo uterino, de donde salen las **arterias helicinas** que discurren en forma tortuosa por el espesor de este órgano. A nivel del cuello emite **ramos vaginales** (*arteria cervicovaginal*) para el cuello uterino y la cúpula vaginal. Estos vasos se unen a otras ramas vaginales y forman por delante y por detrás de la vagina una cadena vascular denominada **arteria ácigos de la vagina**.

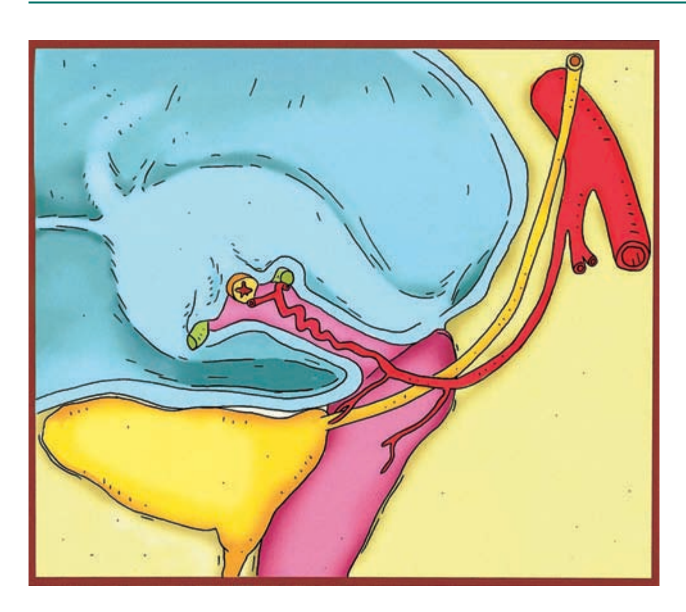


Figura 15-85. Esquema del trayecto de la arteria uterina, en una visión lateral izquierda. Obsérvese la relación con la base del ligamento ancho, la cúpula vaginal y el uréter.

La relación con el uréter en la base del ligamento ancho es de gran importancia en cirugía. Debe tenerse muy en cuenta cuando se liga la arteria, o se manipula la región para no herir el uréter, complicación ésta última que provoca la salida de orina al espacio infraperitoneal y la correspondiente peritonitis.

VENAS DEL ABDOMEN Y DE LA PELVIS

Consideraremos dentro de este apartado las venas tributarias del sistema cava y la vena porta.

VENAS TRIBUTARIAS DEL SISTEMA CAVA

Las venas de las cavidades abdominal, y pelviana pueden ser clasificarse en venas que drenan la sangre de las paredes y de las vísceras de la pelvis (*venas pélvicas*) y venas que recogen la sangre de órganos independientes del sistema venoso porta (*venas viscerales).*

VENAS PÉLVICAS (Venas de las paredes y de las vísceras pélvicas)

Las venas de las paredes pélvicas, el periné y las vísceras pélvicas retornan al sistema cava inferior a través de la vena ilíaca interna (las venas ilíacas se han descrito en el apartado del patrón general del sistema venoso).

Venas viscerales pélvicas

Las venas de las vísceras pélvicas forman **plexos** complejos y compactos empotrados en tejido conectivo denso, los cuales están intercomunicados ampliamente en la vecindad de los distintos órganos. En ambos sexos hay un plexo vesical y un plexo rectal; en el varón hay, además, un plexo prostático y, en la mujer, un plexo uterino y otro vaginal.

El **plexo vesical** se dispone alrededor de las superficies laterales y del fondo de la vejiga.

El **plexo rectal** rodea el recto y el conducto anal y comunica ampliamente con el plexo rectal submucoso.

El **plexo prostático** rodea la caras anterior y laterales de la próstata. Es muy profuso por delante de la próstata, entre ésta y la sínfisis pubiana (*plexo de Santorini*).

El **plexo vaginal** se sitúa alrededor de la vagina, principalmente en su superficie lateral.

El **plexo uterino** se dispone en el interior del ligamento ancho, a los lados del útero y en la base del mencionado ligamento.

La **vena dorsal profunda del pene**, tributaria de la pudenda interna, drena, en gran parte, en el plexo prostático.

La **vena dorsal profunda del clítoris** termina, preferentemente, en el plexo vesical.

De estos plexos salen varias venas que terminan en la ilíaca interna. Estas venas ocupan el espacio pelvirrectal superior y son menos numerosas que las arterias. Son **las venas vesicales** procedentes del plexo vesical, dos **venas rectales medias** procedentes de los plexos rectales externo y submucoso, dos **venas uterinas** que recogen sangre del plexo uterino y una **vena vaginal**.

Venas de las paredes pélvicas y del periné

Las venas de las paredes pélvicas siguen un trayecto y tienen un recorrido semejante al de las ramas parietales de la arteria ilíaca interna.

La vena ilíaca interna recibe las **venas glúteas superiores**, **inferiores**, **obturatrices**, **sacras laterales** y **pudenda interna**.

La **vena obturatriz** camina en la pared lateral de la pelvis menor por debajo de la arteria y se anastomosa por detrás del pubis (**vena pubiana**) con la vena ilíaca externa.

La **vena pudenda interna** tiene un comportamiento algo distinto. Recoge sangre de los genitales externos y del periné. Comienza, en el varón, en el plexo prostático, donde termina la vena dorsal profunda del pene, y en la mujer, en el plexo vesical, donde termina la vena dorsal profunda del clítoris. La vena se forma en el periné anterior, el espacio perineal profundo, y acompaña a la arteria. Recibe las **venas profundas del pene** o del **clítoris** que provienen de las raíces de los cuerpos cavernosos y esponjoso, las **venas escrotales posteriores o labiales posteriores**, las **venas del bulbo peniano o del vestíbulo** y las

venas rectales inferiores, que drenan el conducto anal y atraviesan la fosa isquiorrectal.

La **vena dorsal profunda del pene**, impar, se origina en el glande y discurre por el surco superior de los cuerpos cavernosos, de los que recibe sangre, bajo la fascia peneana profunda; atraviesa el ligamento suspensorio y pasa al periné bajo la sínfisis del pubis entre el ligamento arqueado del pubis y el ligamento transverso. Termina en el plexo prostático y se une también a la vena pudenda interna.

VENAS VISCERALES

En la vena cava inferior drenan las venas suprarrenales, renales, gonadales y hepáticas.

Venas suprarrenales (Fig. 15-43)

Cada glándula suprarrenal drena la sangre por una única vena que sale por el hilio. La **vena suprarrenal derecha**, muy corta, termina directamente en la vena cava inferior. La **vena suprarrenal izquierda** desciende a buscar la vena renal izquierda.

Venas renales (Fig. 15-43)

Cada riñón drena su sangre por una **vena renal**. Es un vaso muy grueso, generalmente de trayecto horizontal, que se dirige desde el hilio renal al flanco respectivo de la vena cava inferior. Situada en el retroperitoneo, se dispone por delante de la arteria renal. La vena izquierda es más larga que la derecha debido a la posición de la vena cava inferior. Las venas renales contraen importantes relaciones con otros vasos y con el complejo duodenopancreático. Así, la vena renal izquierda pasa por la «pinza aortomesentérica» (Fig. 10-1) formada entre la aorta por detrás y la arteria mesentérica superior por delante, y se sitúa por detrás del cuerpo del páncreas. La vena renal derecha pasa por detrás de la segunda porción del duodeno.

Venas gonadales (Fig. 15-43)

Las venas gonadales son las venas testiculares u ováricas.

Las **venas testiculares** recogen la sangre del testículo y del epidídimo. Forman un plexo venoso (*plexo pampiniforme*) que acompaña al conducto deferente y a la arteria testicular constituyendo una parte voluminosa del cordón espermático. Progresivamente, las venas del plexo van confluyendo de modo que, a nivel del anillo inguinal profundo, hay dos venas testiculares acompañando a la arteria. A la altura del retroperitoneo hay una sola vena. La vena testicular derecha termina en la cava inferior por debajo de la vena renal; la vena testicular izquierda acaba, en ángulo recto, en la vena renal izquierda. Estas venas tienen válvulas. A la salida del conducto inguinal, algunas venas del plexo pampiniforme drenan en las venas epigástricas profundas inferiores.

Las **venas ováricas** recogen sangre del ovario y de las trompas uterinas. Se forman en el espesor del ligamento ancho anastomosándose en un plexo pampiniforme alrededor de la arteria ovárica. El plexo asciende con esta arteria y progresivamente confluye en dos venas y, finalmente, en una que termina, igual que la testicular, la derecha en la cava inferior y la izquierda en la renal izquierda. Pueden tener válvulas.

Venas hepáticas (Fig. 15-43)

Las **venas hepáticas** (*venas suprahepáticas*) recogen toda la sangre del hígado y la conducen a la vena cava inferior cuando esta vena pasa adosada por detrás del hígado. Son muy cortas y su trayecto es prácticamente intrahepático. Hay un *grupo superior* de venas gruesas, formado por las **venas hepáticas derecha, izquierda y media** (esta última procede del lóbulo caudado y puede no existir). El *grupo inferior* está formado por un número muy variable (hasta veinte) de pequeñas *venas hepáticas menores*.

VENA PORTA (Figs. 15-86 y 15-87)

El *sistema venoso porta* es el conjunto de venas que recogen la sangre de las vísceras impares del abdomen: intestino delgado y grueso (con excepción de la parte inferior del conducto anal), estómago, páncreas, bazo y vesícula biliar, y la transporta al hígado (70 % del volumen de sangre que llega al hígado). Por esta vía llegan al hígado todos los productos absorbidos en la pared intestinal, las células sanguíneas e inmunitarias del bazo y del aparato del digestivo, así como las diferentes hormonas segregadas en el tubo digestivo.

Como todo sistema porta, se caracteriza por comenzar y terminar en una red capilar (véase pág. 580). Comienza en los capilares del aparato digestivo y del bazo, y termina en los capilares hepáticos (sinusoides), donde se unen con la sangre de la arteria hepática, los cuales abocan a las venas hepáticas y, a su través, a la vena cava inferior. De este modo, la sangre del sistema porta va a la circulación general tras pasar el «filtro hepático».

El sistema se organiza constituyendo la **vena porta**, en la que se distinguen *ramas de origen, tronco venoso porta, ramas de terminación* y *colaterales*. La porta carece de válvulas y la sangre circula por el hígado porque la presión en los sinusoides es de 9 mm Hg y en las venas hepáticas de salida, la presión es de 0 mm Hg.

Tronco venoso porta

La vena porta se forma por la confluencia de la **vena mesentérica superior** y *el tronco venoso esplenomesaraico*, re-

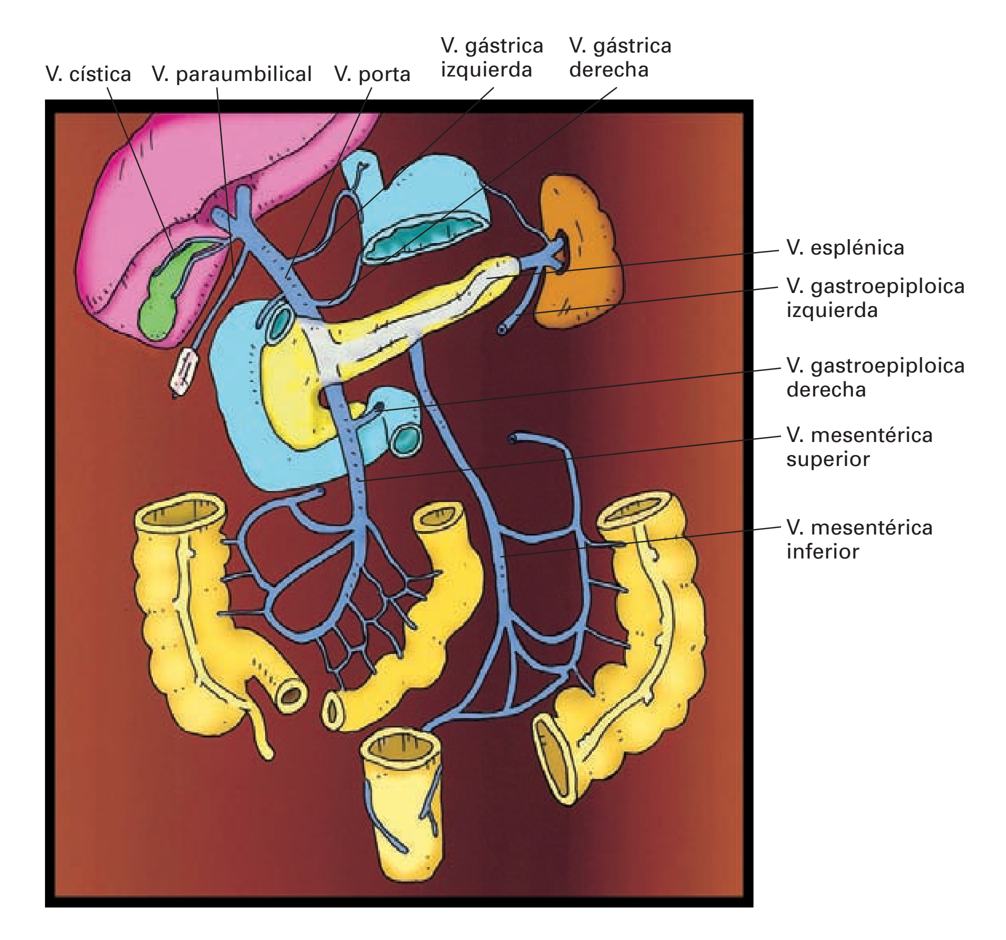


Figura 15-86. Esquema de la vena porta.

sultado de la unión de la **venas esplénica y mesentérica inferior** (Fig. 15-75). A veces, el tronco esplenomesaraico no existe, pues la vena mesentérica inferior termina independientemente en la porta o en la mesentérica superior. La unión de estas dos venas se hace casi en ángulo recto, a nivel de L2 e inmediatamente por detrás del cuello del páncreas.

La porta asciende oblicuamente hacia la derecha en dirección al hilio hepático. Tiene una longitud de 8-10 cm y un calibre de 1.5 cm. En su trayecto se distinguen dos segmentos: retroperitoneal e intraomental.

Segmento retroperitoneal (Figs. 8-48 y 8-79): la porta sube por detrás de la cabeza del páncreas, donde deja una huella, y de la primera porción del duodeno, y por delante de la vena cava inferior. El colédoco se dispone a la derecha dibujando con dicho segmento el triángulo interportocolédoco.

Segmento intraomental: (Figs. 8-48 y 8-79) tras pasar el duodeno penetra en el borde libre del omento menor y forma parte del pedículo hepático, el cual limita por delante el *hiato de Winslow*. Es el elemento más posterior del pedículo y tiene por delante el colédoco y la arteria hepática; está acompañado de los ganglios linfáticos hepáticos. Al llegar al hilio del hígado se divide en dos **ramas terminales, derecha** e **izquierda**, las cuales penetran tapizadas por la *cápsula de Glison* en el parénquima hepático y se distribuyen de forma segmentaria (véase Hígado). La rama derecha entra en el lóbulo derecho del hígado y la rama izquierda penetra en los lóbulos izquierdo, cuadrado y caudado.

Ramas de origen

Vena mesentérica superior

La **vena mesentérica superior** tiene una disposición análoga a la de la arteria. Asciende por la raíz del mesenterio, pasa por delante de la porción horizontal del duodeno y, bajo la incisura pancreática, se coloca por detrás del páncreas para formar la vena porta. Se sitúa a la derecha de la arteria (Fig. 15-74).

Las venas *tributarias* de la mesentérica superior siguen el trayecto de las arterias homónimas: **venas yeyunales, ileales, ileocólica, cólica derecha** y **cólica media** que recogen la sangre del yeyuno, el íleon, el ciego, el apéndice y la mitad derecha del colon; además recibe las **venas pancreaticoduodenales** y la **vena gastroepiploica derecha**,

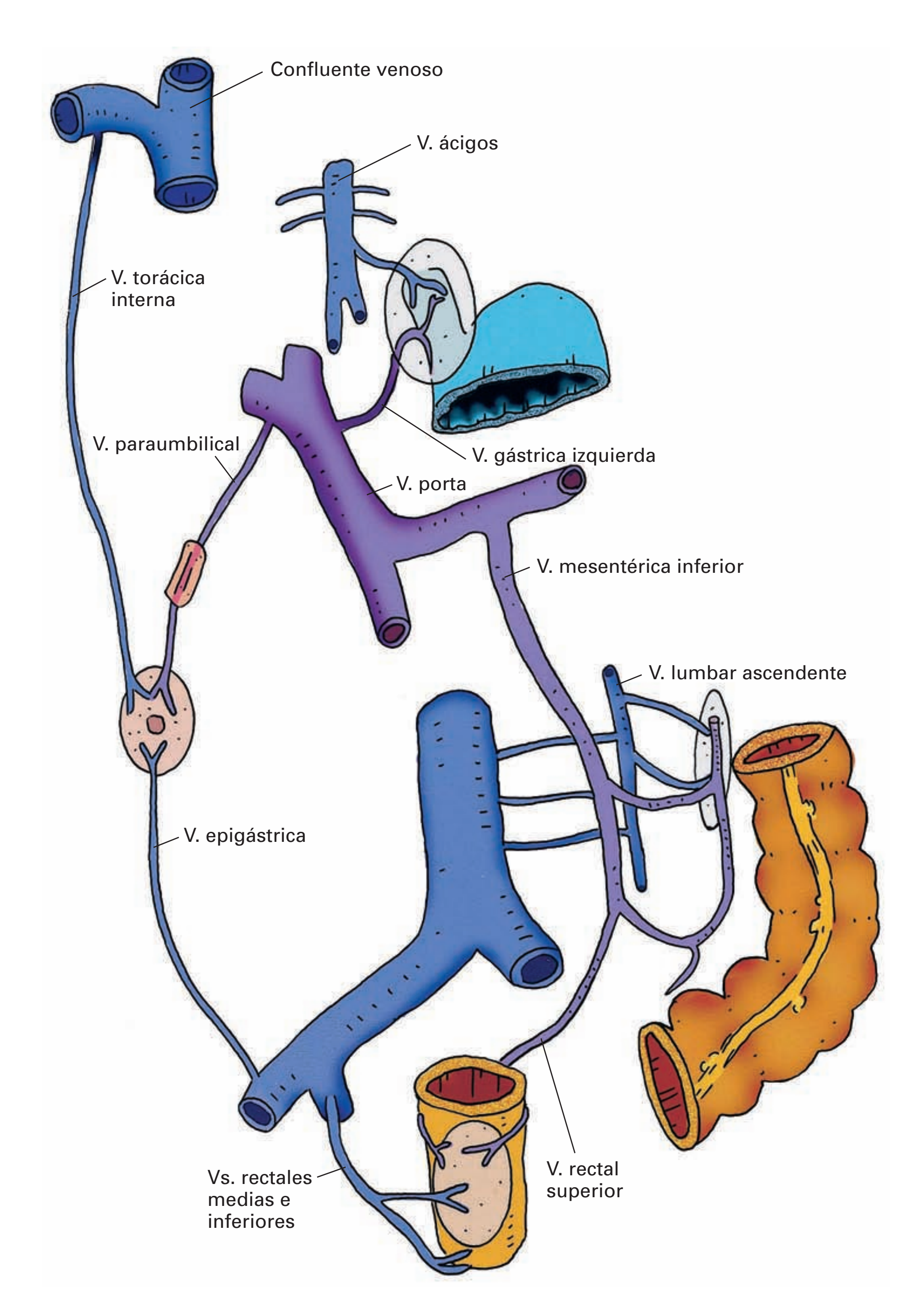


Figura 15-87. Esquema de las anastomosis portocavas.

que recogen sangre del complejo duodenopancreático y del estómago.

Vena mesentérica inferior

La **vena mesentérica inferior** tiene, en gran parte de su recorrrido, una disposición análoga a la de la arteria. Se coloca a su izquierda y se separa progresivamente de la arteria a medida que asciende. A nivel del ángulo duodenoyeyunal pasa por debajo del páncreas y se une, generalmente, a la vena esplénica para formar el tronco esplenomesaraico.

Las *tributarias* de la vena mesentérica inferior siguen el trayecto de sus arterias homónimas: **venas rectales superiores, sigmoideas** y **cólica izquierda**, las cuales recogen sangre de la porción superior del recto y el colon ileopélvico, descendente y la mitad izquierda del transverso.

Vena esplénica

La **vena esplénica** es un vaso grueso y rectilíneo que se forma en el hilio esplénico por la confluencia de venas intraesplénicas (véase Bazo). Se sitúa por debajo de la arteria esplénica y por detrás del páncreas. Cruza por delante del riñón izquierdo, el pedículo renal y la pinza arterial aortomesentérica. A un nivel variable recibe a la mesentérica inferior y forma el mencionado tronco esplenomesaraico que continua hacia la derecha el trayecto de la vena.

Las *tributarias* son las **venas pancreáticas, gástricas cortas** y **gastroepiploica izquierda**. De este modo, la esplénica recibe sangre del bazo, el estómago y el páncreas.

Venas colaterales del tronco porta

La **vena gástrica izquierda** sigue el trayecto de la arteria hasta el tronco celíaco, pasa por delante de él en posición retroperitoneal y alcanza la porta cuando ésta penetra en el omento menor.

La **vena gástrica derecha** sigue por la curvatura menor y se une a la porta en el interior del omento menor. Recibe la **vena prepilórica** que asciende por delante del esfínter pilórico.

> La vena prepilórica es una referencia interesante para el cirujano en el curso de intervenciones del estómago o el duodeno, pues indica la posición subyacente del esfínter que delimita ambos órganos.

Las **venas císticas** (son las únicas que son dobles), muy variables, drenan generalmente en la rama derecha de la porta. Algunas atraviesan el parénquima hepático y se dirigen a las venas portales intrahepáticas

Las **venas paraumbilicales** (véase mas adelante).

Anastomosis porto-cavas

La vena porta se anastomosa con la circulación venosa sistémica en algunos puntos (Fig. 15-87). Estas uniones tienen gran interés, pues permiten establecer una circulación colateral en casos de obstrucción del sistema porta.

> La obstrucción de las vías portales aumenta la presión sanguínea (**hipertensión portal**), lo que provoca acumulación de líquido en el peritoneo (**ascitis**). Al derivarse sangre por esas anastomosis se producen dos tipos de problemas importantes: por un lado, las uniones se dilatan y se forman varices con el consiguiente riesgo de hemorragia interna; por otro, la evitación en parte del «filtro hepático» por parte del alimento absorbido determina la aparición de sustancias tóxicas en sangre, que no se inactivan, sobre todo NH3, lo cual provoca gravísimas complicaciones nerviosas como la **encefalopatía hepática**.

Puntos de anastomosis

En el *esófago abdominal*: la vena gástrica izquierda se une con las venas esofágicas tributarias del sistema ácigos.

> La dilatación de estas venas origina las «varices esofágicas», cuya hemorragia puede ser mortal (vómito de sangre).

En el *recto*: la vena rectal superior se une mediante los plexos rectales externo y submucoso con las venas rectales media e inferior dependientes de la vena ilíaca interna.

> El engrosamiento varicoso de los plexos rectales submucosos produce las **hemorroides**.

En la *pared abdominal periumbilical*: las **venas paraumbilicales** son dos o tres pequeñas venas que acompañan al ligamento redondo (resto de la vena umbilical del feto) en el espesor del ligamento falciforme; se dirigen desde el ombligo a la rama izquierda de la porta. Estas venas se conectan alrededor del ombligo con venas de la pared abdominal.

> En casos de dilatación, aparecen engrosamientos subcutáneos que irradian del ombligo formando una imagen de «cabeza de medusa».

En el *retroperitoneo*, entre las venas cólicas y las venas lumbares dependientes de la cava inferior.

Entre la vena esplénica y la vena renal izquierda mediante pequeños afluentes venosos.

En la *cara posterior del hígado*, venas del área desnuda el hígado se conectan con venas frénicas y con ramas de la torácica interna derecha tributarias de la cava superior.

La porta puede obstruirse y provocar un cuadro de hipertensión portal por muy diversas causas. La más frecuente es la cirrosis hepática, seguida de tumores que comprimen las venas, trastornos de la coagulación sanguínea o inflamaciones peritoneales que originan flebitis (inflamación de la pared venosa) portales.

Las **derivaciones portocavas** se utilizan para aliviar los problemas derivados de la hipertensión portal. Se pueden hacer uniendo la porta, a nivel del omento menor, con la cava inferior, o bien uniendo la vena esplénica con la vena ranal izquierda. Un sistema actual es el TIPS, que consiste en la introducción de una cánula semirígida por la yugular interna y a través de las venas cavas alcanzar las venas hepáticas, perforar su pared y el parénquima hepático, y alcanzar la pared de una vena portal próxima. Un *stent* dilatable permite mantener permeable el canal artificial de comunicación portocava.

Las varices esofágicas se pueden abordar por cirugía, o bien mediante procedimientos endoscópicos; a través de la luz esofágica se alcanza la zona de sangrado y se inyectan pequeñas cantidades de soluciones cáusticas que obliteran las varices, o se introduce un balón esofágico distensible que comprime las venas.

DRENAJE LINFÁTICO DE LAS CAVIDADES TORÁCICA, ABDOMINAL Y PÉLVICA

La linfa del tórax es recogida a través de ganglios linfáticos torácicos cuyos vasos eferentes acaban formando, generalmente, los troncos linfáticos broncomediastínicos derecho e izquierdo que desembocan en los confluentes venosos respectivos de la base del cuello, bien directamente, bien mediante los conductos linfático derecho o torácico.

La linfa de la pelvis y del abdomen circula por numerosos grupos ganglionares ubicados en el trayecto de las arterias y las venas. Los vasos eferentes terminales confluyen en los troncos intestinales y los troncos lumbares que, bajo el orificio aórtico del diafragma, forman la cisterna del quilo, origen del conducto torácico.

En este apartado describiremos los grupos ganglionares de estas regiones y los grandes territorios de drenaje linfático que reciben. El estudio detallado del drenaje linfático de los órganos se efectúa en los capítulos correspondientes.

GANGLIOS LINFÁTICOS DEL TÓRAX

La linfa de la cavidad torácica es recogida mediante ganglios linfáticos parietales y viscerales. Reciben la linfa de las paredes torácicas, de parte de la pared abdominal,de los órganos contenidos en el tórax y de parte del hígado.

Ganglios linfáticos parietales: paraesternales, frénicos superiores, prepericárdicos, intercostales y prevertebrales.

Los **ganglios linfáticos paraesternales** (Fig. 12-13) son cinco o seis ganglios escalonados en cadena alrededor de los vasos torácicos internos, junto al esternón. Recogen linfa de la parte anterior de la pared torácica, la mitad medial de la mama, parte del hígado y la zona supraumbilical de la pared abdominal.

Los **ganglios linfáticos frénicos superiores** se sitúan en la cara superior del diafragma por detrás del apéndice xifoides y junto a la entrada de los nervios frénicos. Recogen linfa del diafragma y de parte del hígado.

Los **ganglios linfáticos intercostales** se sitúan en el extremo posterior de estos espacios, a los lados de las vértebras. Reciben linfa de la pleura parietal y de las paredes torácicas.

Los **ganglios linfáticos prevertebrales** son pequeños nódulos escalonados por delante de la columna torácica en comunicación con los ganglios linfáticos mediastínicos posteriores (ver más adelante).

Los **ganglios linfáticos prepericárdicos** se disponen entre el esternón y el pericardio, en el mediastino anterior.

Ganglios linfáticos viscerales: mediastínicos anteriores, mediastíncos posteriores y traqueobronquiales.

Los **ganglios linfáticos mediastínicos anteriores** (**ganglios braquiocefálicos**) se disponen en el mediastino superior y anterior, por delante del cayado de la aorta y de los troncos venosos braquiocefálicos.

Los **ganglios linfáticos mediastínicos posteriores** se encuentran junto al esófago y la aorta torácica (Fig. 15-50).

Los *ganglios linfáticos traqueobronquiales* constituyen el conjunto ganglionar más importante del tórax, ya que recogen principalmente la linfa de los pulmones, los bronquios, la tráquea y el corazón. Están constituidos por grupos de ganglios que se disponen junto a la tráquea y los bronquios: paratraqueales, traqueobronquiales superiores, traqueobronquiales inferiores y broncopulmonares.

Los **ganglios linfáticos paratraqueales** se sitúan a los lados de la tráquea, en continuidad con los ganglios paratraqueales cervicales que rodean los nervios laríngeos recurrentes (Fig. 9-43).

Los **ganglios linfáticos traqueobronquiales superiores** se sitúan por encima de los bronquios y a los lados de la tráquea. Junto a la desembocadura del cayado de la vena ácigos en la cava superior hay un ganglio voluminoso (**ganglio del arco de la vena ácigos**).

Los **ganglios linfáticos traqueobronquiales inferiores** se encuentran por debajo de la bifurcación de la tráquea.

Los **ganglios broncopulmonares** (**ganglios pediculares o de la raíz pulmonar**), rodean los bronquios principales desde su origen hasta el hilio pulmonar formando parte de los pedículos pulmonares.

Colectores terminales (Fig. 15-50)

Gran parte de la linfa del tórax es finalmente recogida por los **troncos linfáticos broncomediastínicos**, los cuales desembocan en los confluentes venosos derecho e izquierdo de la base del cuello, bien independientemente, bien mediante el conducto torácico en el lado izquierdo o el conducto linfático derecho en el lado derecho. Los troncos broncomediastínicos se forman por fusión de colectores linfáticos procedentes de los ganglios traqueobronquiales, mediastínicos anteriores y paraesternales. En estos ganglios drenan los restantes grupos ganglionares, con excepción de algunos ganglios mediastínicos posteriores, prevertebrales e intercostales, que lo hacen directamente en el conducto torácico.

GANGLIOS LINFÁTICOS DE LA PELVIS

Los ganglios linfáticos de la pelvis se disponen junto a los vasos ilíacos. Se distinguen ganglios linfáticos ilíacos externos, internos y comunes (Fig. 15-88).

Los **ganglios linfáticos ilíacos externos** rodean la arteria y vena ilíaca externa. Los mas distales se sitúan por detrás de la laguna vascular (**ganglios lagunares**) y junto a los vasos epigástricos inferiores (**ganglios epigástricos inferiores**). Reciben la linfa de la extremidad inferior a través de los ganglios inguinales; recogen, también, linfa de la porción infraumbilical de la pared abdominal anterolateral y de partes de algunos órganos pélvicos.

Los **ganglios linfáticos ilíacos internos** rodean el origen de la arteria ilíaca interna. Se prolongan por pequeños ganglios situados en el trayecto de las arterias sacras (**ganglios sacros**) y glúteas (**ganglios glúteos superiores** e **inferiores**). Este grupo recoge la linfa procedente de los ganglios ilíacos externos, de gran parte de las vísceras pélvicas, incluida la parte del recto situada por encima de la línea pectínea, de las paredes de la pelvis, de la región glútea y del compartimento posterior del muslo.

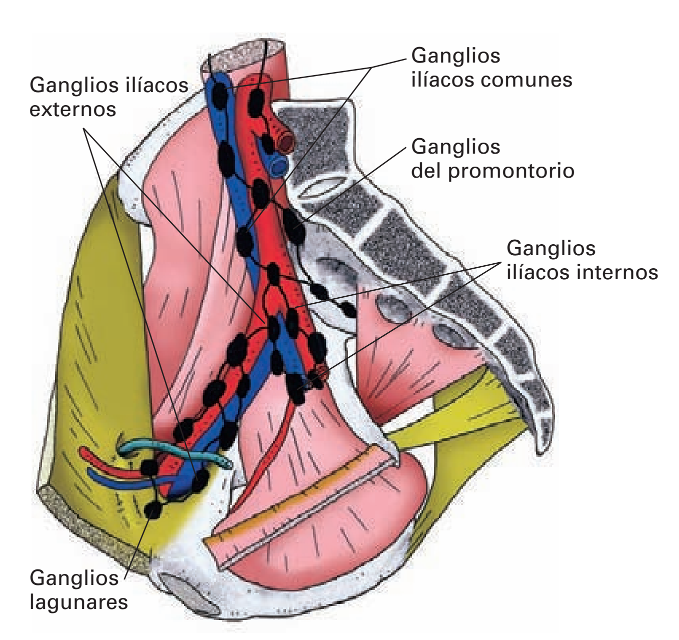


Figura 15-88. Ganglios linfáticos de la pelvis.

Los **ganglios ilíacos comunes** se disponen alrededor de los vasos ilíacos comunes; llegan hasta la bifurcación de la aorta (**ganglios linfáticos subaórticos**) y el promontorio (**ganglios del promontorio**). Este grupo drena la linfa de los ganglios ilíacos externos e internos; también recibe linfa directamente de algunas vísceras pélvicas.

De los ganglios ilíacos comunes parten *vasos eferentes* que terminan en los **ganglios linfáticos lumbares** que rodean la aorta abdominal y la cava inferior.

GANGLIOS LINFÁTICOS DEL ABDOMEN

La cavidad abdominal es la parte del organismo que tiene mayor cantidad de ganglios linfáticos. Hay ganglios linfáticos parietales y viscerales.

Ganglios linfáticos parietales (Fig. 15-89)

Rodeando los grandes vasos del abdomen, la aorta y la vena cava inferior, se dispone un numeroso conjunto de ganglios denominados **ganglios linfáticos lumbares**. Según la posición que adoptan con respecto a estos vasos, se clasifican en varios grupos. Junto a la aorta abdominal están los **ganglios linfáticos lumbares izquierdos**; rodeando la vena cava inferior se disponen los **ganglios linfáticos lumbares derechos**; entre ambos vasos se encuentran los **ganglios linfáticos lumbares intermedios**.

A su vez, cada uno de estos grupos es subdividido en otros según la posición que adopten con respecto a los grandes vasos. Así, los ganglios linfáticos lumbares izquierdos se subdividen en **ganglios linfáticos aórticos laterales** (a la izquierda de la aorta), **ganglios linfáticos preaórticos** y **ganglios linfáticos postaórticos**. Los ganglios linfáticos lumbares derechos se subdividen en **ganglios linfáticos cavales laterales**, **ganglios linfáticos precavales** y **ganglios linfáticos poscavales.**

En estos ganglios drenan los ganglios linfáticos ilíacos comunes y, por tanto, recogen toda la linfa de la pelvis y de la extremidad inferior. Además, constituyen la primera estación ganglionar de drenaje linfático de los testículos, los ovarios, las glándulas suprarrenales, los riñones, los uréteres, las trompas uterinas y el cuerpo del útero, así como de parte de la pared abdominal.

Los *vasos eferentes* de estos ganglios forman los **troncos lumbares derecho e izquierdo** que terminan abocando en la cisterna del quilo para formar el conducto torácico (Fig. 15-50).

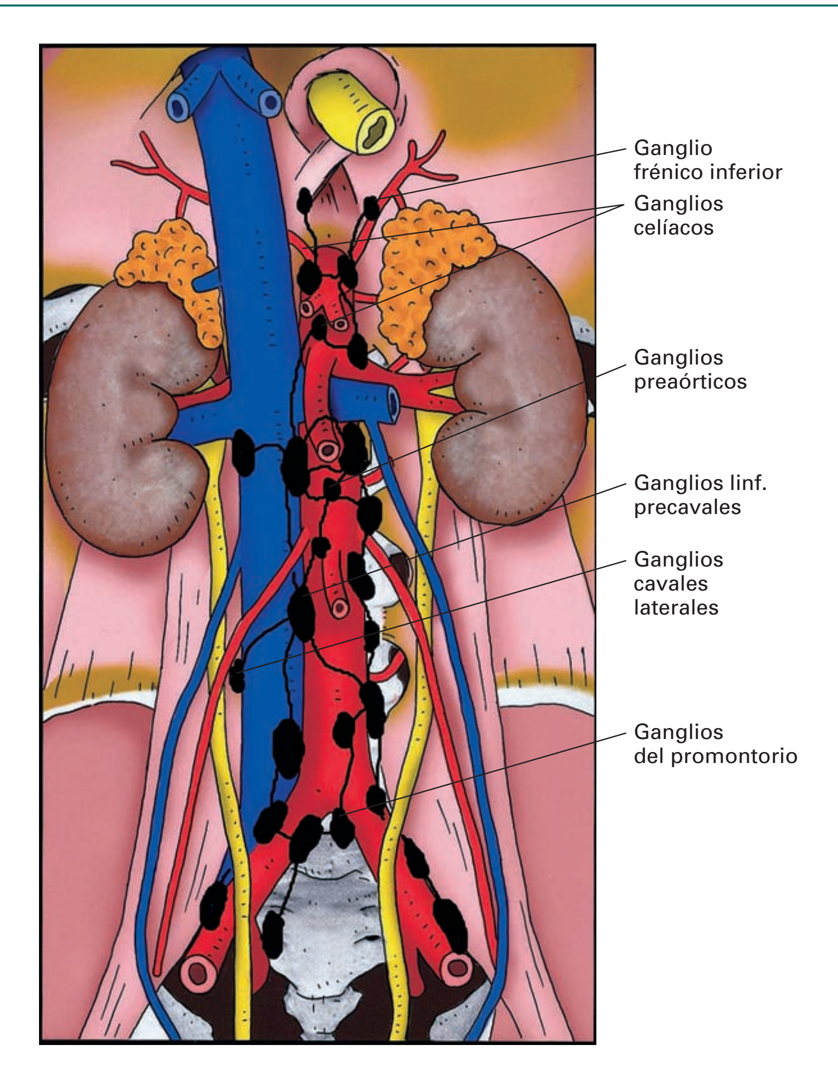


Figura 15-89. Ganglios linfáticos lumbares y celíacos.

Ganglios linfáticos viscerales

Se denomina así a un conjunto muy numeroso de ganglios linfáticos que se disponen alrededor del tronco celíaco y las arterias mesentéricas superior e inferior, y recogen la linfa de la porción subdiafragmática del tubo digestivo, las vías biliares, el páncreas, el bazo y parte del hígado.

Distinguimos tres grandes grupos ganglionares: *ganglios linfáticos asociados al tronco celíaco, grupo asociado a la arteria mesentérica superior* y *grupo asociado a la arteria mesentérica inferior*.

Grupo asociado al tronco celíaco: está constituido por los ganglios linfáticos celíacos y los ganglios que siguen en la proximidad de las ramas arteriales de ese tronco arterial (Figs. 5-90 y 15-91).

Los **ganglios linfáticos celíacos** están situados alrededor del origen del tronco celíaco, por delante de la aorta abdominal. Tienen gran importancia, pues constituyen un grupo terminal a los que llega toda la linfa de los otros grupos ganglionares viscerales (con excepción del testículo, el ovario, las trompas uterinas, el cuerpo del útero, la glándula suprarrenal, el riñón y el uréter). De ellos parten *vasos eferentes* para formar los **troncos intestinales**, los cuales convergen sobre la cisterna del quilo en el origen del conducto torácico.

Asociados a las ramas del tronco celíaco se encuentran los siguientes grupos ganglionares:

Los **ganglios linfáticos gástricos** siguen las arterias gástricas izquierda y derecha por la curvatura menor del estómago.

Los **ganglios linfáticos gastroomentales** están asociados a las arterias respectivas por la curvatura mayor del estómago.

Los **ganglios linfáticos pilóricos** rodean el píloro.

Los **ganglios linfáticos hepáticos** se sitúan en el omento menor junto al pedículo hepático. Un **ganglio cístico** se encuentra a nivel del cuello de la vesícula biliar y un **ganglio del foramen omental** hace relieve en este orificio.

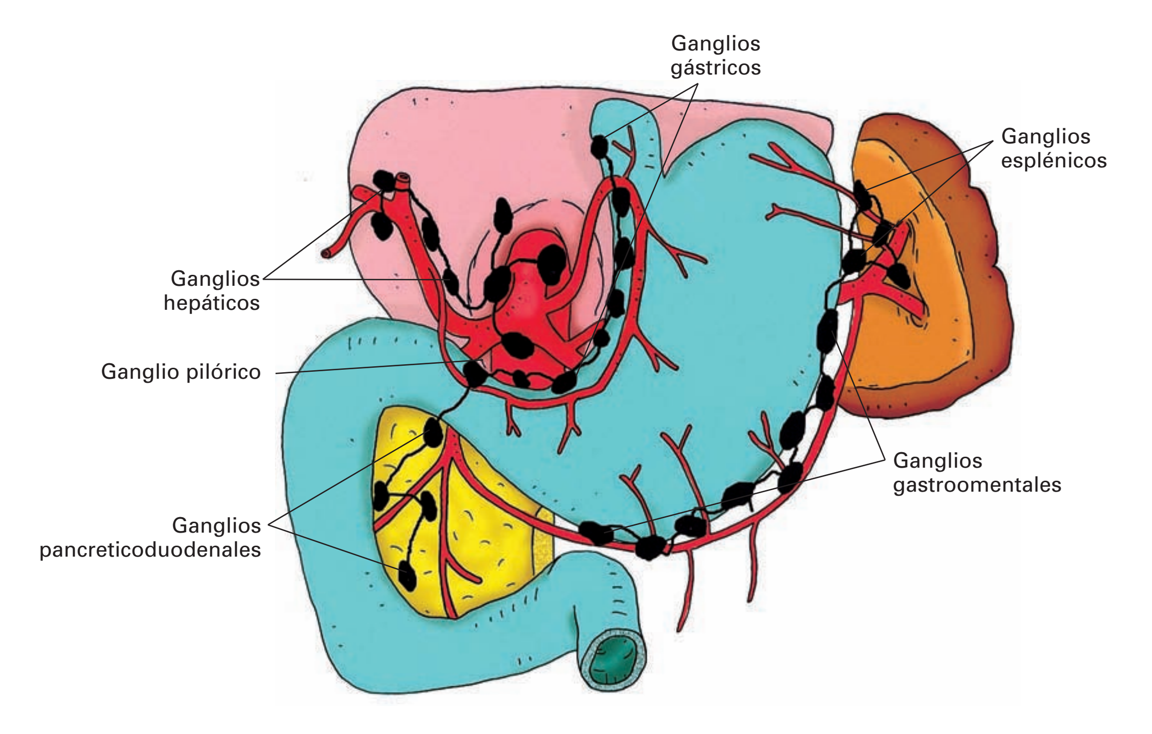


Figura 15-90. Grupos ganglionares linfáticos abdominales asociados a las ramas del tronco celíaco.

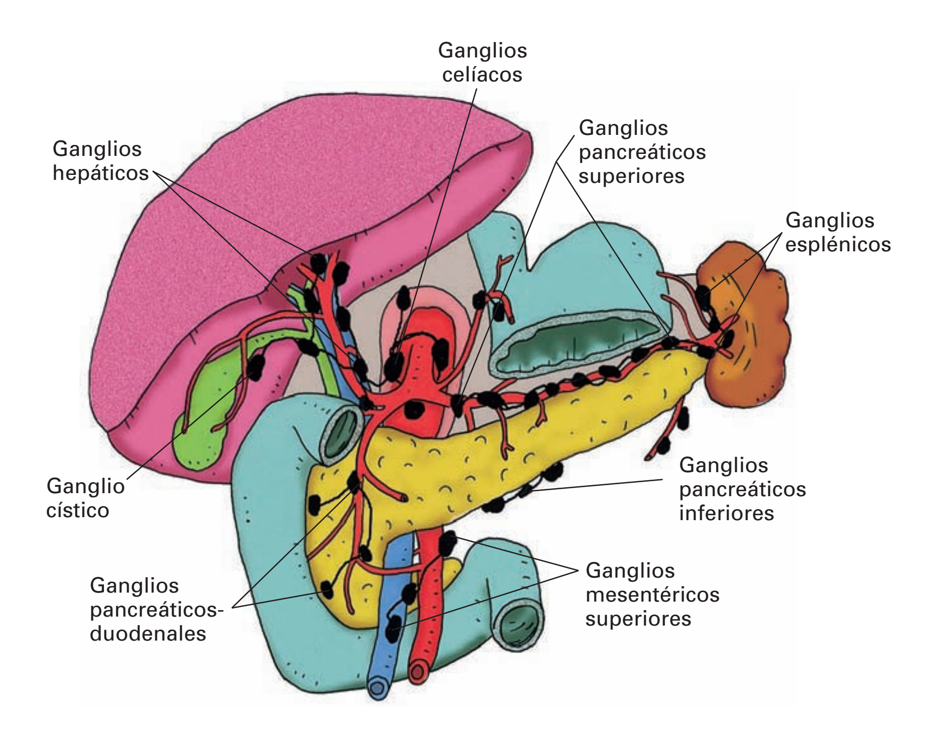


Figura 15-91. Grupos ganglionares linfáticos abdominales asociados a las ramas del tronco celíaco, en una visión anterior tras resecar parte del estómago.

Los **ganglios linfáticos pancreaticoesplénicos** siguen el trayecto de la arteria esplénica. Se subdividen en **ganglios linfáticos esplénicos**, en el hilio del bazo**; ganglios linfáticos pancreáticos superiores**, adosados al borde superior del páncreas; y **ganglios linfáticos pancreáticos inferiores**, junto al borde inferior del páncreas.

Los **ganglios linfáticos pancreaticoduodenales** se encuentran junto a los arcos vasculares de la cabeza del páncreas, junto al duodeno.

Grupo asociado a la arteria mesentérica superior: está formado por los ganglios mesentéricos, ileocólicos, cólicos, paracólicos y epicólicos (Fig. 15-92).

Recoge la linfa del yeyuno, el íleon, el ciego, el apéndice vermiforme, el colon ascendente y la mitad derecha del colon transverso.

Los **ganglios linfáticos mesentéricos** son muy numerosos (entre 100 y 150). Se encuentran en el espesor del mesenterio junto a las arterias yeyunales e ileales. Parte de ellos están en la proximidad de las asas intestinales (**ganglios linfáticos yuxtaintestinales**), otros en el trayecto de las arterias (*ganglios linfáticos intermedios*) y otros rodeando el origen de la arteria mesentérica superior (**ganglios linfáticos centrales superiores**).

Los **ganglios linfáticos ileocólicos** rodean la arteria ileocólica en la raíz del mesenterio. Se prolongan por delante del ciego (**ganglios prececales**), por detrás (**ganglios retrocecales**) y en el espesor del mesoapéndice (**ganglios apendiculares**, generalmente uno o dos).

Los **ganglios cólicos** acompañan a la arterias cólicas derecha y media.

Los **ganglios paracólicos** son un conjunto numeroso de pequeños ganglios que siguen el arco vascular marginal del colon.

Los **ganglios epicólicos**, generalmente muy pequeños, están dispuestos sobre la pared del colon.

Grupo asociado a la arteria mesentérica inferior: está formado por los ganglios mesentéricos inferiores, sigmoideos, pararrectales y cólicos izquierdos.

Recoge linfa de la mitad izquierda del colon transverso, el colon descendente, el colon sigmoide y la parte alta del recto.

Los **ganglios linfáticos mesentéricos inferiores** rodean el tronco de la arteria mesentérica inferior. Se prolongan en los **ganglios cólicos izquierdos**, rodeando esta arteria, y en el espesor del mesocolon sigmoide siguiendo las arterias sigmoideas (**ganglios linfáticos sigmoideos**) y la arteria rectal superior (**ganglios rectales superiores).**

Igual que el grupo asociado a la arteria mesentérica superior, este grupo incluye también ganglios paracólicos (siguiendo el borde del colon descendente y sigmoide) y epicólicos.

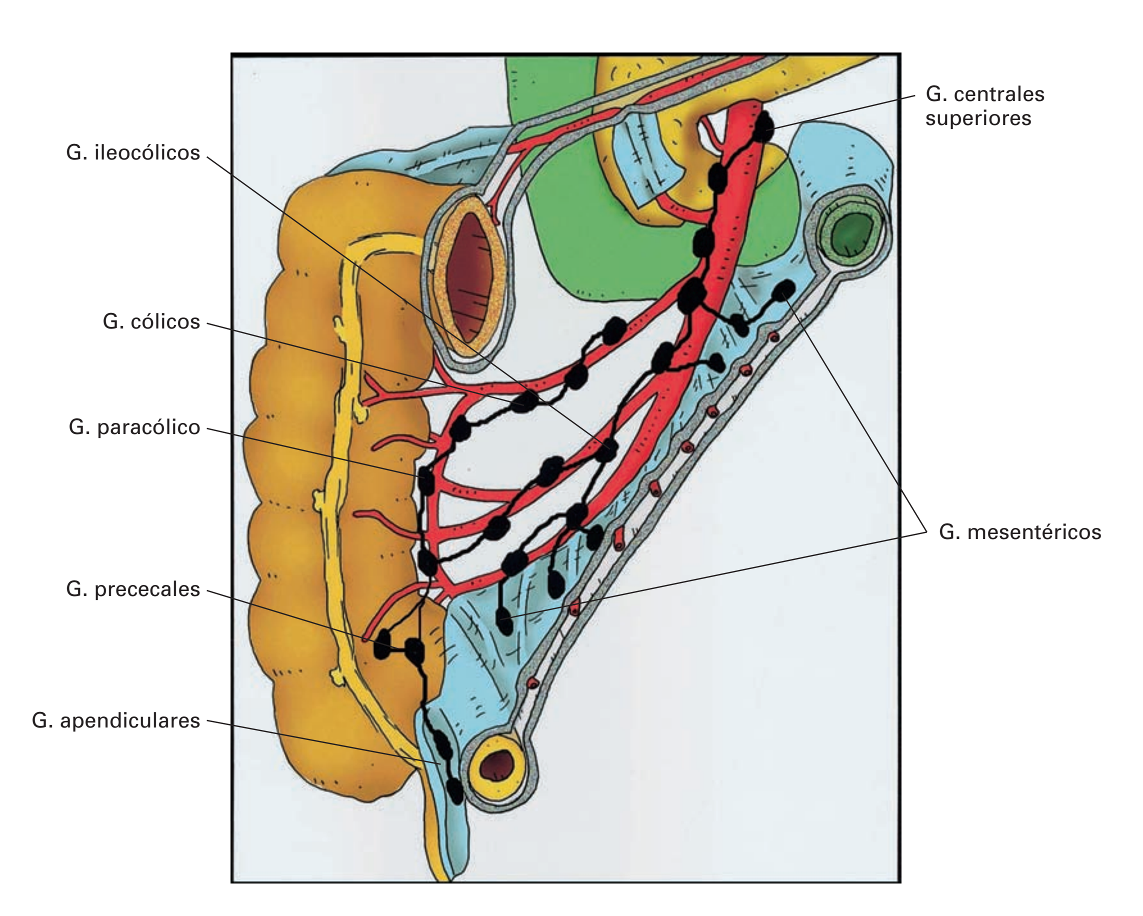


Figura 15-92. Grupos ganglionares linfáticos asociados a la arteria mesentérica superior.

VASOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

ARTERIAS

La irrigación arterial de la extremidad superior depende del sistema de la arteria subclavia. Esta arteria, después de dar las colaterales del cuello, pasa a la extremidad superior con el nombre de arteria axilar, luego continúa en el brazo como arteria braquial y se divide en el codo en dos ramas que descienden por el antebrazo: las arterias radial y cubital, las cuales se anastomosan en la mano mediante arcos vasculares.

ARTERIA AXILAR

La **arteria axilar** es la continuación de la subclavia. Irriga músculos y articulaciones del hombro, las paredes de la axila y la glándula mamaria. Se extiende desde el vértice de la axila, hendidura estrecha comprendida entre la clavícula y el músculo subclavio por una parte y el borde externo de la primera costilla por otra, hasta el borde inferior del pectoral mayor, donde penetra en el brazo y se continúa con la **arteria braquial**.

Situación y trayecto (Figs. 15-93 y 15-94)

Ocupa la **región axilar,** un amplio espacio osteomuscular comprendido entre la caja torácica, la escápula y el húmero. En su trayecto la arteria se relaciona con las paredes de la axila y, a medida que avanza, se aproxima al músculo coracobraquial que se hace satélite de la arteria. En posición anatómica, describe una ligera curva cóncava hacia dentro y hacia abajo, curvatura que se corrige con el brazo extendido en horizontal. Una línea que une el punto medio de la clavícula con la convergencia del borde inferior del pectoral mayor sobre el brazo marca la proyección de la arteria en la superficie.

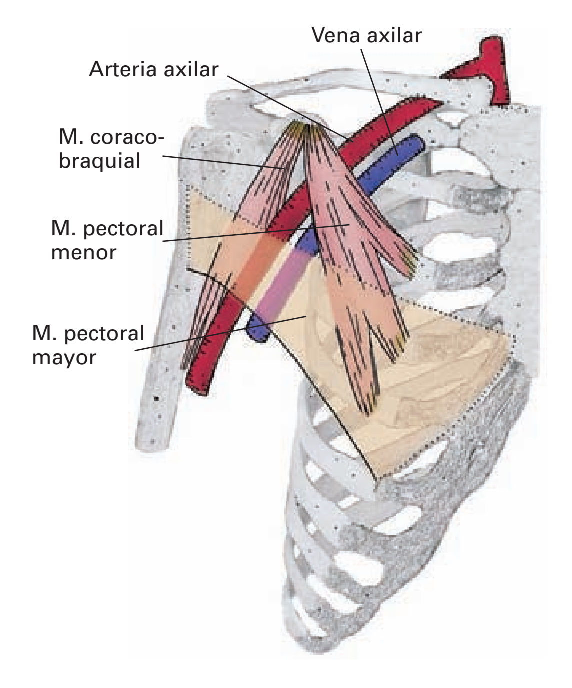


Figura 15-93. Esquema del trayecto de la arteria y la vena axilar. El músculo pectoral mayor ha sido parcialmente representado y transparentado.

El músculo pectoral menor, que forma parte de la pared anterior de la axila, permite dividir el recorrido de la misma en tres segmentos. El *primer segmento* está comprendido entre el vértice de la axila y el pectoral menor; en él, la arteria se apoya sobre el primer espacio intercostal y la parte superior del músculo serrato anterior, por delante está cubierta por la fascia clavipectoral. El *segundo segmento* se oculta por detrás del pectoral menor, y la arteria se apoya sobre el músculo subescapular que está detrás. *El tercer segmento* es el comprendido entre los bordes inferiores del pectoral menor y del mayor y, en consecuencia, la arteria está cubierta por delante directamente por el pectoral mayor y, por detrás, la arteria se apoya sobre los músculos subescapular, dorsal ancho y redondo mayor.

> En este tercer segmento, con el brazo en ligera separación, se puede sentir el pulso comprimiendo la arteria contra el extremo proximal del húmero con los dedos sobre la base de la axila.

En su trayecto, la arteria se relaciona por dentro con la **vena axilar** y está rodeada por los elementos nerviosos del **plexo braquial**.

Colaterales (Fig. 15-94)

En el primer segmento de la axilar se origina la arteria torácica suprema; en el segundo segmento nacen las arterias toracoacromial y torácica lateral; el tercer segmento emite las arterias subescapular y circunflejas humerales anterior y posterior.

La **arteria torácica suprema** (*arteria torácica superior*) es delgada y variable. Su trayecto corto y descendente se adosa a los dos primeros espacios intercostales e irriga los músculos adyacentes.

La **arteria toracoacromial** (*arteria acromiotorácica*) se dirige inicialmente hacia delante, perfora la fascia clavipectoral y se divide en **ramas pectorales**, descendentes que irrigan los músculos pectorales mayor y menor; **rama acromial**, que se dirige lateralmente hacia el acromion, donde contribuye a formar la red acromial; **rama deltoidea**, que discurre hacia el deltoides por el espacio deltopectoral en compañía de la vena cefálica; y **rama clavicular**, que camina hacia dentro en dirección a la articulación esternoclavicular.

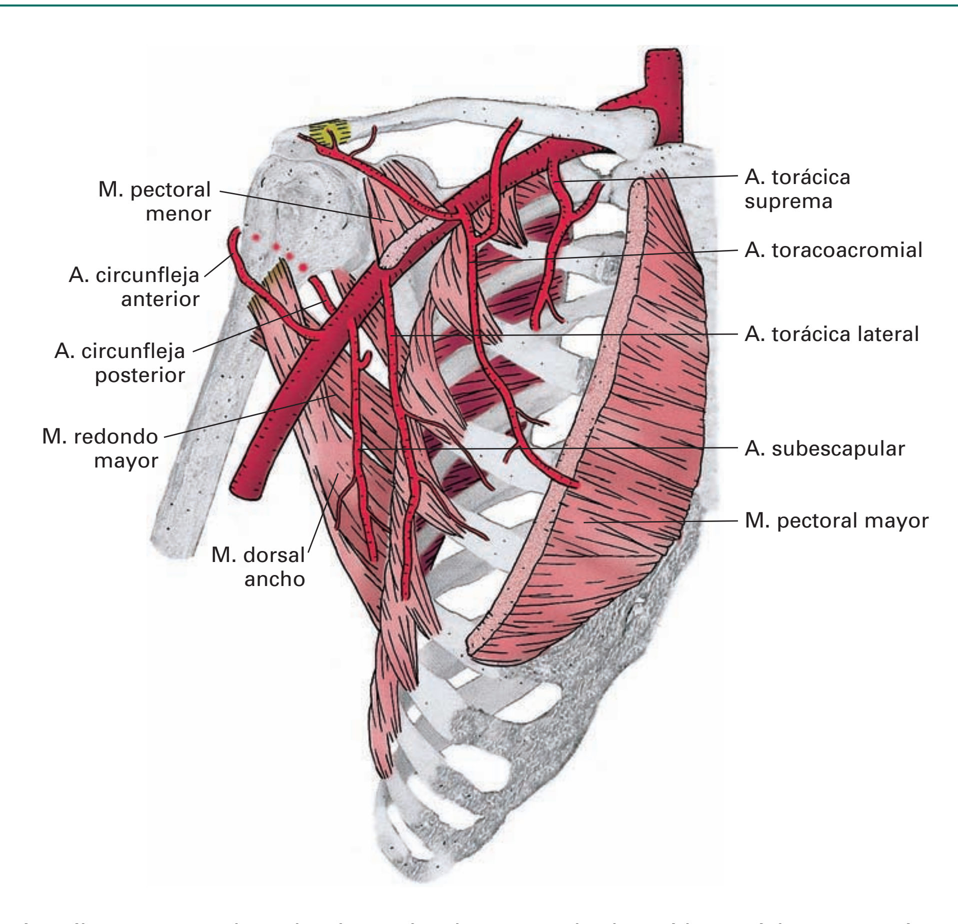


Figura 15-94. Arteria axilar y ramas colaterales. Los músculos pectorales han sido parcialmente seccionados.

La **arteria torácica lateral** (*arteria torácica inferior o mamaria externa*) desciende por fuera del pectoral menor y se adosa al serrato anterior sobre el que desciende hasta el 5.º espacio intercostal. Irriga el serrato anterior, los pectorales y la parte externa de la glándula mamaria (**ramos mamarios laterales**). Es más gruesa en la mujer que en el hombre.

La **arteria subescapular** es voluminosa y desciende por delante del músculo subescapular hasta el borde axilar de la escápula dividiéndose en arteria toracodorsal y circunfleja de la escápula. La **arteria toracodorsal** sigue el trayecto descendente hasta el ángulo inferior de la escápula e irriga los músculos subescapular, redondo mayor y dorsal ancho; la **arteria circunfleja de la escápula** sale de la axila por el *triángulo omotricipital* y penetra en la fosa infraespinosa, donde emite ramas que contribuyen a formar la red arterial periescapular (Fig. 15-95).

Las **arterias circunflejas humerales** forman una corona vascular anastomótica alrededor del cuello quirúrgico del húmero. La **arteria circunfleja humeral anterior**, delgada, se dispone por delante del húmero, entre éste y el músculo coracobraquial. La **arteria circunfleja humeral posterior** va hacia fuera, atraviesa el *cuadrilátero humerotricipital* en compañía del nervio circunflejo (Fig. 15-95) y contornea por detrás el cuello quirúrgico del húmero tapizada por el deltoides. De la corona vascular parten ramas para la cabeza humeral, la articulación escapulohumeral y los músculos próximos.

ARTERIA BRAQUIAL

La **arteria braquial** (*arteria humeral*) irriga el brazo y contribuye a formar la red periarticular del codo. Se extiende, como continuación de la axilar, desde el borde inferior del pectoral mayor a la parte media de la fosa cubital donde , a nivel del cuello del radio, se bifurca en horquilla en dos ramas terminales, las **arterias radial y cubital.**

Situación y trayecto (Fig. 15-96)

La arteria desciende recta y vertical por la parte interna del brazo y en la fosa cubital se inclina ligeramente hacia la línea media del codo. Así, pues, primero es medial al húmero y luego anterior a él. En el brazo se sitúa en el conducto braquial y en la fosa cubital ocupa el surco bicipital medial. En todo su trayecto es muy superficial y se puede palpar fácilmente.

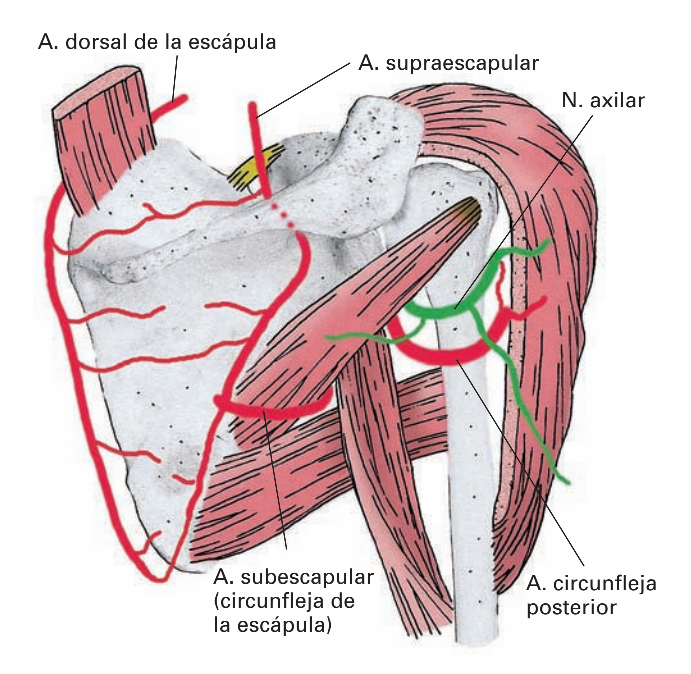


Figura 15-95. Visión posterior del hombro para mostrar la red arterial periescapular.

El *conducto braquial* es un espacio musculofascial situado en la parte interna de la **región braquial anterior**. La arteria se relaciona con las paredes del conducto: por detrás se apoya, primero, sobre el tabique intermuscular medial que la separa de la cabeza medial del tríceps y, luego, sobre el músculo braquial que la separa del hueso; por delante, está cubierta por el coracobraquial y, fundamentalmente, por el borde interno del bíceps braquial (el bíceps es su músculo satélite y una guía para encontrar la arteria; cuanto más desarrollado está, más la cubre); por dentro, la arteria está cubierta por la fascia del brazo, que la aísla de los planos superficiales y la piel.

En la **fosa cubital** la arteria desciende por el *canal bicipital interno* comprendida entre el músculo braquial por detrás, el pronador redondo por dentro y el tendón del bíceps por fuera; por delante está cubierta por la aponeurosis bicipital, por lo que es, en consecuencia, muy superficial.

Medición de la presión arterial. El procedimiento más común de medir la presión arterial es con un esfigmomanómetro y un *estetoscopio*. El esfigmomanómetro consta de un manómetro y de un manguito inflable que se coloca alrededor del brazo. El estetoscopio se aplica sobre la parte medial de la fosa cubital, justo sobre la terminación de la arteria braquial. Al inflar el manguito se comprime la arteria en el brazo y no se escucha el latido; poco a poco se va desinflando hasta que se oye mediante el estetoscopio el latido arterial, que indica la presión máxima o sistólica. Llega un momento en que al desinflar más el manguito deja de oírse el latido, indicando el valor de la presión mínima o diastólica.

La arteria está acompañada de dos **venas braquiales** que se anastomosan alrededor de ella. La **vena basílica** asciende por delante de la arteria, primero en el tejido subcutáneo; luego, hacia la parte media del brazo, perfora la fascia y termina en las venas humerales o sube junto a la arteria braquial hasta la vena axilar. Las relaciones con las **ramas terminales del plexo braquial** se estudian con éstas. Reseñamos aquí que el nervio mediano cruza en X a la arteria: primero se dispone por fuera luego salta por delante y finalmente se coloca por dentro. En el brazo, el nervio cubital está separado de la arteria por el tabique intermuscular medial.

En caso de graves hemorragias de la extremidad superior, la parte media del brazo es un lugar indicado para practicar una compresión de la arteria. El bloqueo de la circulación deja prácticamente sin riego a la extremidad.

Colaterales

Ramas musculares para el brazo; destaca el **ramo deltoideo**, que asciende junto al hueso para irrigar el deltoides.

La **arteria nutricia del húmero**, que penetra por la parte media de la diáfisis. Puede haber otra arteria nutricia procedente de la braquial profunda.

La **arteria braquial profunda** (*arteria humeral profunda*) es la rama más voluminosa (Fig. 17-22). Nace en el origen de la braquial. Desciende oblicuamente hacia fuera por detrás del húmero, junto al nervio radial. Está cubierta por detrás por el músculo tríceps braquial. En el borde externo del húmero se divide en dos ramas descendentes: la **arteria colateral radial**, que pasa por delante del epicóndilo lateral, y la **arteria colateral media**, que pasa por detrás. Ambos vasos contribuyen a formar la red periarticular del codo.

La **arteria colateral cubital superior** (*arteria colateral interna superior*) atraviesa el tabique intermuscular medial y desciende por detrás de la arteria braquial tapada por la cabeza medial del tríceps. Pasa por detrás del epicóndilo medial y se anastomosa a otros vasos para formar la red periarticular.

La **arteria colateral cubital inferior** (*arteria colateral interna inferior*) se origina cerca del codo; desciende por delante del músculo braquial y del epicóndilo medial para formar la red del codo. Da una anastomosis hacia la colateral cubital superior.

Variaciones

La arteria braquial puede dividirse en el brazo (división alta) e incluso en la axila. En estos casos, lo más frecuente es que se origine una radial y un tronco común de cubital e interósea, o una cubital y un tronco común de radial e interósea.

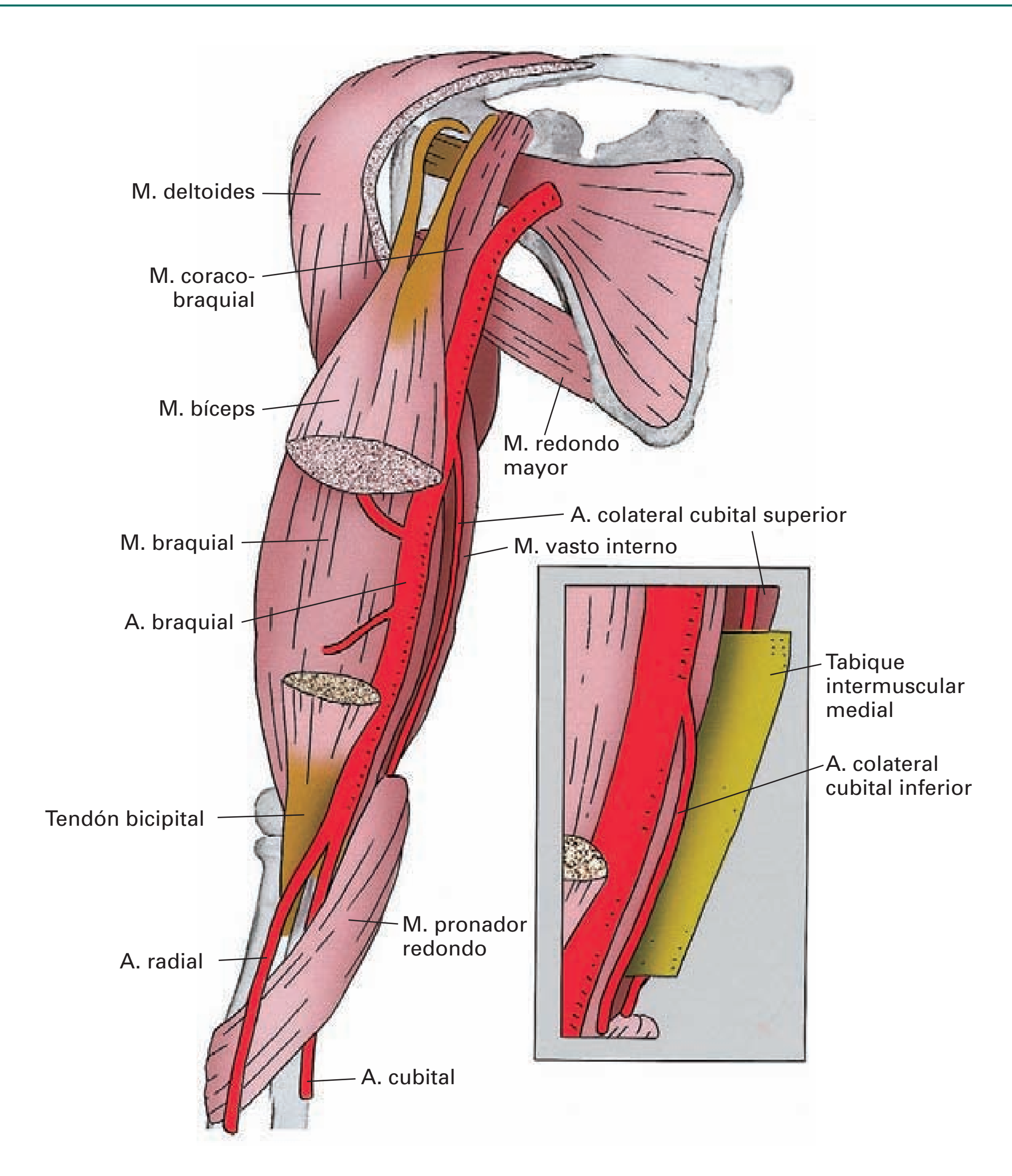


Figura 15-96. Arteria braquial con sus referencias musculares fundamentales.

En ocasiones se pueden observar *arterias aberrantes* que unen la axilar o la braquial con la radial o la cubital.

ARTERIA RADIAL

La **arteria radial** es la rama externa de la horquilla resultante de la bifurcación de la arteria braquial. Se extiende desde su origen en la fosa cubital por dentro de la terminación del tendón del bíceps hasta la región profunda de la palma de la mano.

Situación y trayecto (Fig. 15-97)

La arteria se dirige verticalmente por la parte externa de la **región antebraquial anterior** en dirección a la apófisis estiloides del radio, luego contornea la articulación de la mano y pasa al **dorso de la mano**, donde, finalmente, atraviesa la parte más proximal del primer espacio interóseo y penetra en la región más profunda de la palma de la mano formando el arco palmar profundo uniéndose con la arteria cubital. Se distinguen *dos segmentos*: uno en la región antebraquial anterior hasta la apófisis estiloides y otro hasta su terminación.

En la **región antebraquial anterior**, la arteria se desliza pasando sucesivamente por delante de los músculos supinador, pronador redondo, flexor largo superficial y pronador cuadrado. La relación con el pronador redondo es significactiva, pues mientras que la radial pasa por delante de éste, la cubital lo hace por detrás (véase más adelante). Por fuera, la arteria está acompañada del músculo braquiorradial; este músculo cubre la arteria en la parte proximal del antebrazo y es preciso despla-

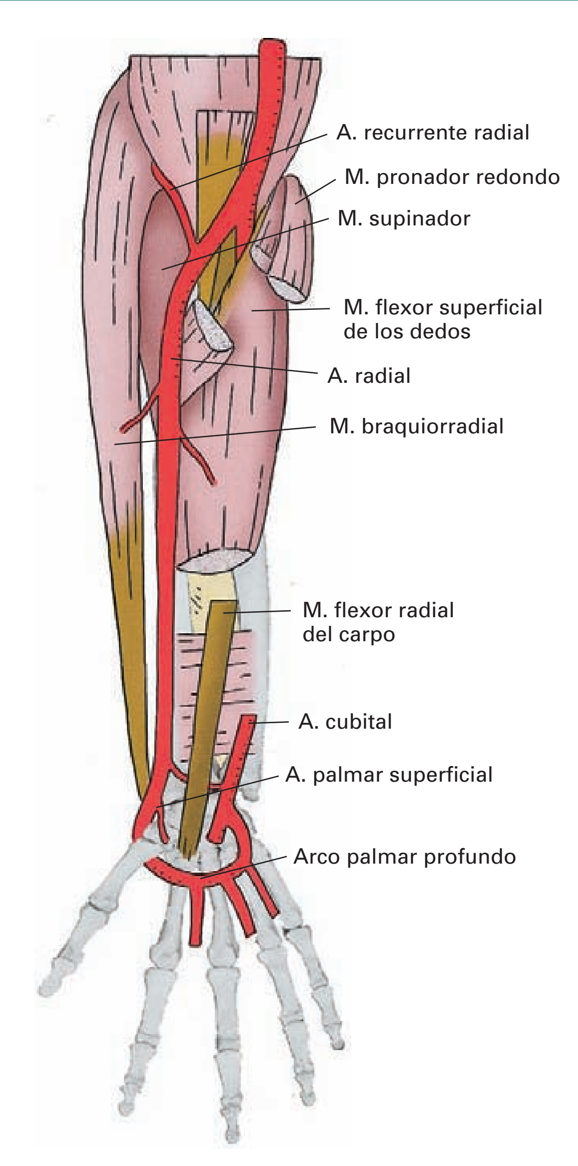


Figura 15-97. Esquema de la arteria radial con sus referencias musculares fundamentales.

zarlo para poderla ver (se puede considerar su músculo satélite). Por dentro se dispone el flexor radial del carpo. A medida que desciende en el antebrazo, los músculos braquiorradial y flexor radial del carpo se hacen tendinosos, motivo por el cual la arteria se hace muy superficial y ocupa el denominado «canal del pulso». Este canal queda comprendido entre el tendón del braquiorradial por fuera, el flexor radial del carpo por dentro, el pronador cuadrado y el radio por detrás y, por delante, las fascias y la piel. En este punto, la arteria se comprime muy bien sobre el plano profundo, y es el sitio habitual y clásico en el que se toma el pulso a los pacientes. Una línea que une la parte media de la fosa cubital con la estiloides señala la proyección de la radial.

En el *segundo segmento*, la arteria pasa bajo la apófisis estiloides, contornea la articulación de la muñeca apoyada sobre el ligamento lateral externo y cubierta por los tendones del separador largo y del extensor corto del pulgar, y se coloca en la *tabaquera anatómica* sobre la cara dorsal del trapecio. Finalmente, la arteria sale de la tabaquera anatómica bajo el tendón del músculo extensor largo del pulgar y busca la extremidad proximal del primer espacio interóseo, lo perfora y aparece en la palma de la mano, donde se anastomosa con la arteria palmar profunda formando el arco palmar profundo.

La arteria radial se acompaña de dos venas radiales y de la rama superficial del nervio radial.

Colaterales (Fig. 15-97)

Ramas del primer segmento

Ramas musculares para la musculatura vecina.

La **arteria recurrente radial** (*arteria recurrente radial anterior*) surge muy cerca del origen de la radial en la fosa cubital. Asciende por el fondo del canal bicipital externo por delante del supinador y del epicóndilo lateral; se anastomosa con la colateral radial de la braquial para contribuir a formar la red periarticular del codo.

La **rama palmar del carpo** (*arteria transversa anterior del carpo*) es un vaso delgado que se desprende a nivel de la muñeca. Se dirige hacia dentro apoyada sobre el extremo distal del radio, bajo los tendones flexores de los dedos, y contribuye a formar la red palmar del carpo junto con una rama de la cubital.

La **rama palmar superficial** (*arteria radiopalmar*) se origina a nivel de la apófisis estiloides y se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia dentro, cruza la eminencia tenar y alcanza la palma de la mano para formar, uniéndose a la arteria cubital, el arco palmar superficial. A su paso por la eminencia tenar puede pasar por delante del separador corto, atravesarlo o pasar por detrás. Es muy variable; puede no existir, tener diferente grosor o incluso presentar un origen alto en el antebrazo.

Ramas del segundo segmento (Fig. 15-102)

La **rama carpiana dorsal** (*arteria transversa posterior del carpo*) se origina en la tabaquera anatómica, se dirige medialmente bajo los tendones radiales y forma, uniéndose con una rama de la cubital, la red carpiana dorsal.

Las **arterias digitales dorsales del pulgar** son dos vasos muy delgados que siguen hacia el dorso del primer dedo.

La **arteria metacarpiana dorsal del primer espacio** (*arteria interósea dorsal del primer espacio*) discurre sobre el músculo interóseo y se continúa formando la **arteria dorsal del lado radial del dedo índice**. (Si se describen tres arterias metacarpianas dorsales, entonces, ésta primera no existe y se denomina dorsal radial del índice.)

ARTERIA CUBITAL

La **arteria cubital** es la rama de biburcación interna de la braquial. Se extiende desde la fosa cubital hasta la palma de la mano.

Situación y trayecto (Fig. 15-98)

Desciende por la parte interna de la **región antebraquial anterior**, alcanza la **muñeca** y pasa por delante del retináculo flexor para terminar en los planos de la **palma de la mano** contribuyendo a formar el **arco palmar superficial**.

En la **región antebraquial anterior** la arteria se comdorta de la siguiente manera: primero se dirige un poco hacia dentro y hacia abajo pasando por detrás del pronador redondo y del arco del flexor superficial de los dedos (así, en su origen, la cubital es mucho más profunda que la radial, que salta por delante del pronador redondo) y luego el vaso desciende por la parte interna del antebrazo deslizándose por delante del flexor profundo de los dedos y cubierto por delante y medialmente por el flexor cubital del carpo, que puede considerarse su músculo satélite (basta reclinar este músculo para descubrir la arteria).

En la **muñeca**, el comportamiento de los músculos asociados a la cubital determina que ésta se haga muy superficial. Efectivamente, como los tendones del flexor profundo de los dedos pasan bajo el túnel carpiano y el flexor cubital del carpo termina en el pisiforme, la arteria «aparece» saltando por delante del retináculo flexor y por fuera del pisiforme. En esta posición superficial, la arteria está cubierta por una hoja fibrosa superficial que salta desde el palmar largo al pisiforme, por la fascia antebraquial y la piel. En esta zona se puede palpar el pulso comprimiendo la arteria sobre la cabeza del cúbito.

Finalmente, la arteria entra en la **mano**, cubierta únicamente por la fascia palmar superficial y acaba formando el arco palmar superficial uniéndose con la radial superficial.

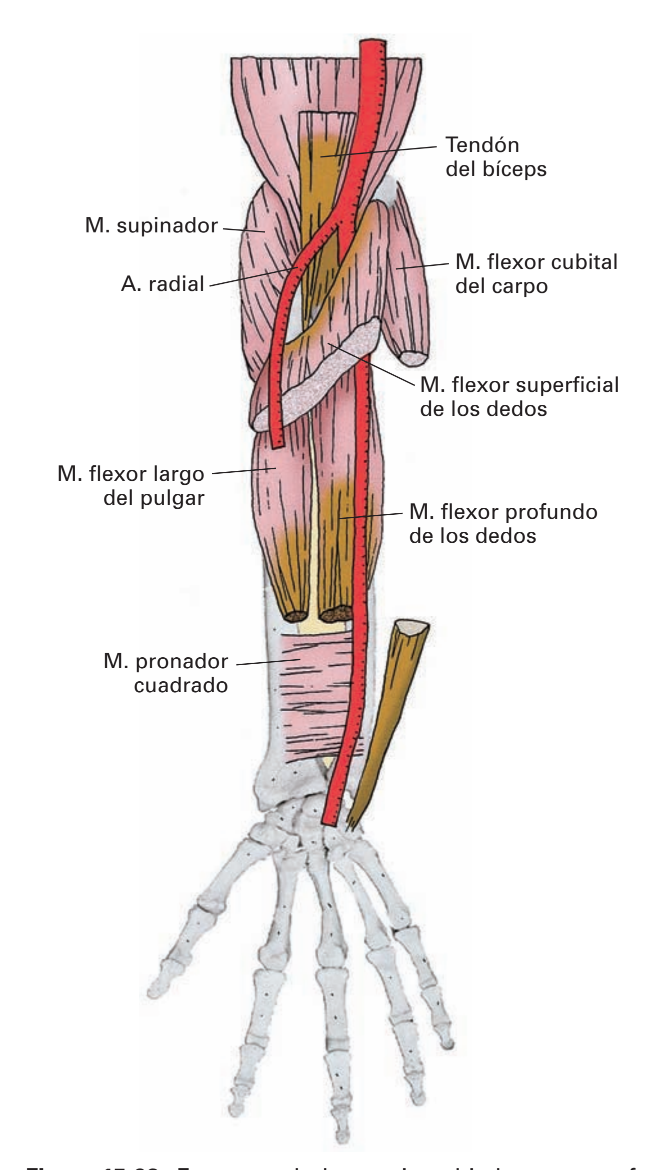


Figura 15-98. Esquema de la arteria cubital con sus referencias musculares fundamentales.

Colaterales (Fig. 15-99)

La arteria cubital emite **ramas musculares** para los músculos vecinos y ramas proximales y distales. Las *ramas proximales* son las arterias recurrente cubital y la interósea común. Las *ramas distales* son las arterias carpiana palmar, carpiana dorsal y palmar profunda.

Ramas proximales

La **arteria recurrente cubital** se dirige hacia arriba y hacia dentro entre el braquial y el pronador redondo y se divide en **arteria recurrente cubital anterior**, que asciende por delante del epicóndilo medial, y **arteria recurrente cubital posterior**, que pasa por detrás de este relieve en compañía del nervio cubital. Se anastomosa con las colaterales cubitales de la braquial para formar parte de la red del codo. Estas arterias pueden originarse independientemente.

La **arteria interósea común** (Fig. 15-99) se dirige hacia la línea media, profundizando, y alcanza el borde superior de la membrana interósea, donde se bifurca en arterias interóseas anterior y posterior.

La **arteria interósea anterior** desciende inmediatamente por delante de la membrana interósea, a la altura del pronador cuadrado perfora la membrana, se hace posterior y se une a la red carpiana dorsal. Da **ramas nutricias** del radio y del cúbito y la **arteria mediana**, que irriga el nervio mediano.

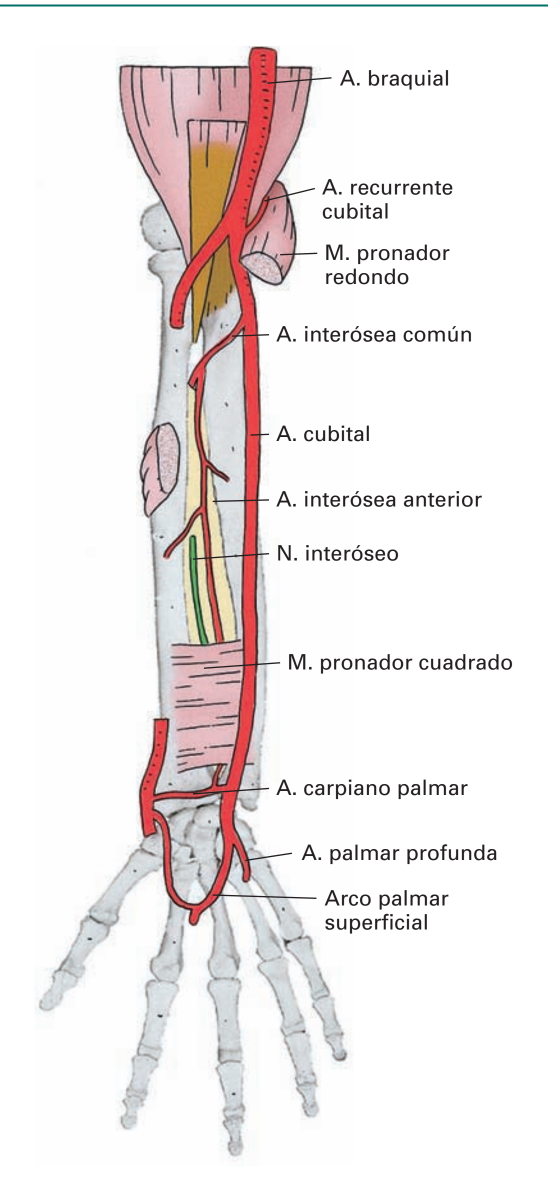


Figura 15-99. Arteria cubital.

La **arteria interósea posterior** desciende entre los planos musculares superficial y profundo de la región antebraquial posterior, a los que irriga, y termina muy adelgazada en la red carpiana dorsal. Emite, en su origen, la **arteria recurrente interósea**, que asciende sobre el extremo proximal del cúbito cubierta por el ancóneo y pasa por detrás del epicóndilo lateral para formar parte de la red periarticular del codo.

Ramas distales (Figs. 15-101 y 15-102)

La **rama carpiana palmar**, que se dirige a formar la red carpiana palmar entre la articulación de la mano y los tendones flexores de los dedos.

La **rama carpiana dorsal**, que contribuye a formar la red carpiana dorsal entre los tendones extensores y la superficie dorsal de la articulación de la mano.

La **arteria palmar profunda** (*arteria cubitopalmar*) se origina en la mano, distal al pisiforme, profundiza entre los músculos de la eminencia hipotenar y contribuye a formar el arco palmar profundo anastomosándose con la radial.

VASCULARIZACIÓN ARTERIAL DE LA MANO

El riego arterial de la mano procede de cuatro arcos vasculares resultado de anastomosis de las arterias radial y cubital: el arco palmar superficial, el arco palmar profundo, la red carpiana dorsal y la red carpiana palmar.

El **arco palmar superficial** (Fig. 15-100) se forma por la unión de la terminación de la arteria cubital con la rama palmar superficial de la radial. Es un arco cóncavo en sentido proximal que se sitúa entre la aponeurosis palmar por delante y los tendones del flexor superficial de los dedos por detrás. En su parte interna está cubierto por el palmar corto de la eminencia hipotenar. En la piel de la palma de la mano se proyecta sobre el surco transverso proximal y, en profundidad se dispone a nivel de la parte distal de las diáfisis de los metacarpianos.

Por su convexidad emite las **arterias digitales palmares comunes**, en número de **tres**, y la **arteria digital palmar propia del borde cubital del 5° dedo**. Las tres arterias digitales palmares comunes descienden junto a los tendones flexores y al llegar a la raíz de los dedos se dividen en dos **arterias digitales palmares propias**, que discurren a los lados de los dedos segundo a cuarto, irrigando desde la parte lateral del 5.º dedo a la parte medial del segundo dedo (las digitales del 1.^{er} dedo y del lado radial del segundo dedo proceden del arco palmar profundo (véase más adelante). Las digitales se anastomosan profusamente en una fina red a nivel de la yema de los dedos.

El **arco palmar profundo** (Fig. 15-101) es el resultado de la fusión de la terminación de la arteria radial con la arteria palmar profunda de la cubital.

Es cóncavo en sentido proximal y se sitúa en un plano muy profundo, por detrás de los tendones flexores de los dedos y por delante de la base de los metacarpianos y los músculos interóseos, de los que está separado por la fascia palmar profunda. Es preciso recordar que la terminación de la radial perfora el primer espacio interóseo y luego pasa entre las cabezas del aproximador del pulgar. Por su concavidad, el arco emite *ramos ascendentes* carpianos que se anastomosan con la red carpiana palmar. Por su convexidad da las arterias metacarpianas palmares, la arteria principal del pulgar y la arteria radial del índice.

Las **arterias metacarpianas palmares** (*arterias interóseas palmares*) son **tres** y discurren por delante de los músculos interóseos de los espacios segundo a cuarto. A

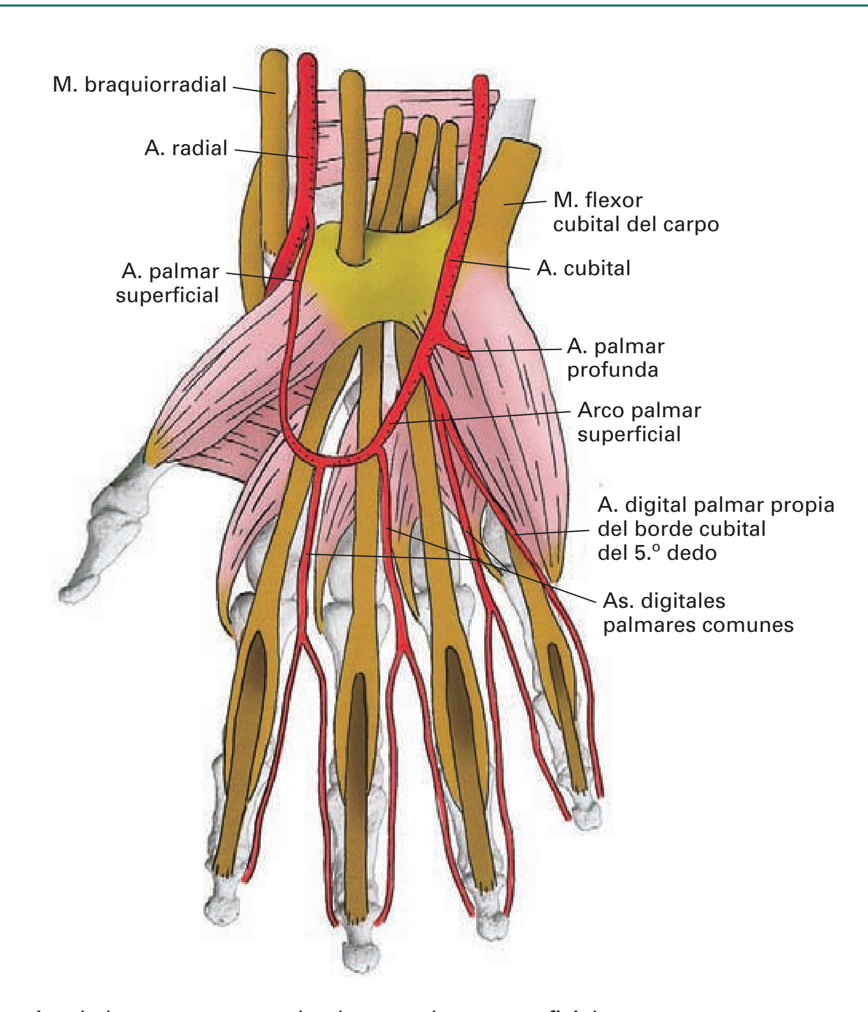


Figura 15-100. Visión anterior de la mano mostrando el arco palmar superficial.

nivel de las cabezas de los metacarpianos se unen a las digitales palmares comunes.

La **arteria principal del pulgar** se origina en la porción más externa del arco (algunos la consideran rama de la radial), camina junto al tendón del flexor largo del pulgar y se divide en **dos arterias digitales palmares propias del pulgar**.

La **arteria radial del índice** discurre sobre el interóseo del primer espacio y luego sigue el lado externo del segundo dedo como *arteria digital propia*.

Las redes carpianas o arcos carpianos se encuentran en la muñeca y están formados por vasos muy finos.

La **red carpiana palmar** (*arco carpiano anterior*) se dispone entre la articulación de la mano y los tendones flexores profundos de los dedos (Fig. 15-102). Es el resultado de la unión de las ramas carpianas anteriores de la radial y la cubital. En sentido proximal se une con las interóseas antebraquiales y en sentido distal con el arco palmar profundo.

La **red carpiana dorsal** (*arco carpiano posterior*) se sitúa entre la articulación de la mano y los tendones extensores de los dedos (Fig. 15-102). Se forma por la unión de las ramas carpianas dorsales de la radial y la cubital. En sentido proximal se anastomosa con las interóseas antebraquiales. Por su lado distal emite las **tres arterias metacarpianas dorsales** (*arterias interóseas dorsales de la mano*), que se deslizan por detrás de los músculos interóseos dorsales de los espacios segundo a cuarto y, al llegar a la raíz de los dedos, se dividen en dos **arterias digitales dorsales** que avanzan por la superficie dorsal de los dedos correspondientes. La metacarpiana dorsal del cuarto espacio suele dar la arteria digital dorsal interna del 5° dedo, si bien puede nacer directamente de la red dorsal.

Ramos perforantes del espacio interóseo unen las arterias metacarpianas dorsales con las palmares.

Red periarticular del hombro (Fig. 15-95)

Alrededor de la escápula se forman numerosas anastomosis entre ramas arteriales de la subclavia y de la axilar. Las arterias **supraescapular** y **transversa del cuello**, ramas de la subclavia, se unen con la **subescapular** y las **circunflejas**, ramas de la axilar. Además, las ramas torácicas de

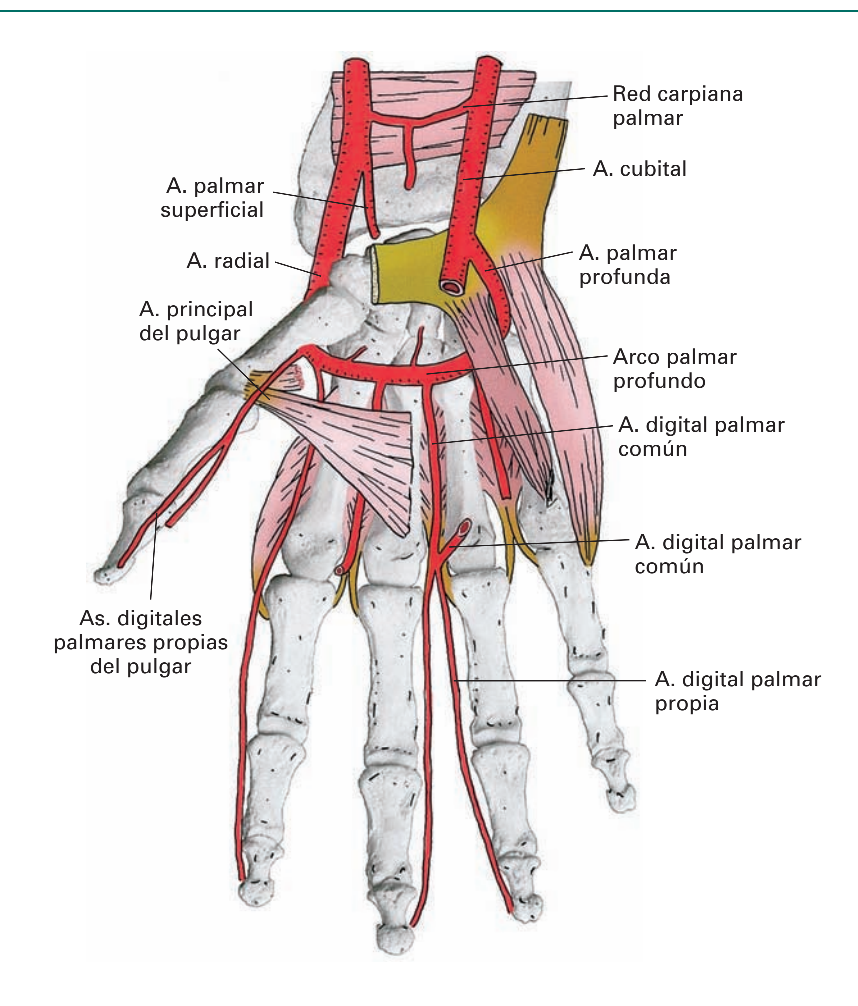


Figura 15-101. Representación esquemática del arco palmar profundo.

la arteria axilar se unen con vasos perforantes de las intercostales estableciendo una vía de unión con la aorta torácica.

> Mediante esta red se establece una importante **vía de circulación colateral** que permite el paso de sangre al brazo en caso de oclusión, ligadura o hemorragia de la axilar impidiendo la gangrena por falta de riego. Si se liga la axilar entre el vértice y el origen de la subescapular, la sangre sigue afluyendo a la extremidad por las anastomosis con la subclavia.

Red periarticular del codo (red articular cubital) (Fig. 15-103)

En torno a la articulación del codo se forma una profunda red vascular anastomótica entre las arterias braquial, radial y cubital. Las anastomosis se establecen mediante asas epicondíleas laterales y epicondíleas mediales.

Las asas epicondíleas laterales se forman entre las **arterias colateral radial** y **colateral media**, ramas de la braquial profunda, y **recurrente radial** y **recurrente interósea**, ramas de la radial y de la cubital, respectivamente.

Las asas epicondíleas mediales se constituyen por la unión de las **colaterales cubitales superior** e **inferior** de la braquial con las **recurrentes cubitales anterior** y **posterior**, ramas de la cubital.

Ambas redes se unen entre sí profusamente mediante finos vasos dispuestos en la cara posterior de la articulación del codo.

VENAS

Las venas de la extremidad superior se organizan en dos sistemas, superficial y profundo, que acaban drenando en la vena axilar. Los dos sistemas poseen válvulas y se anastomosan entre sí mediante venas perforantes.

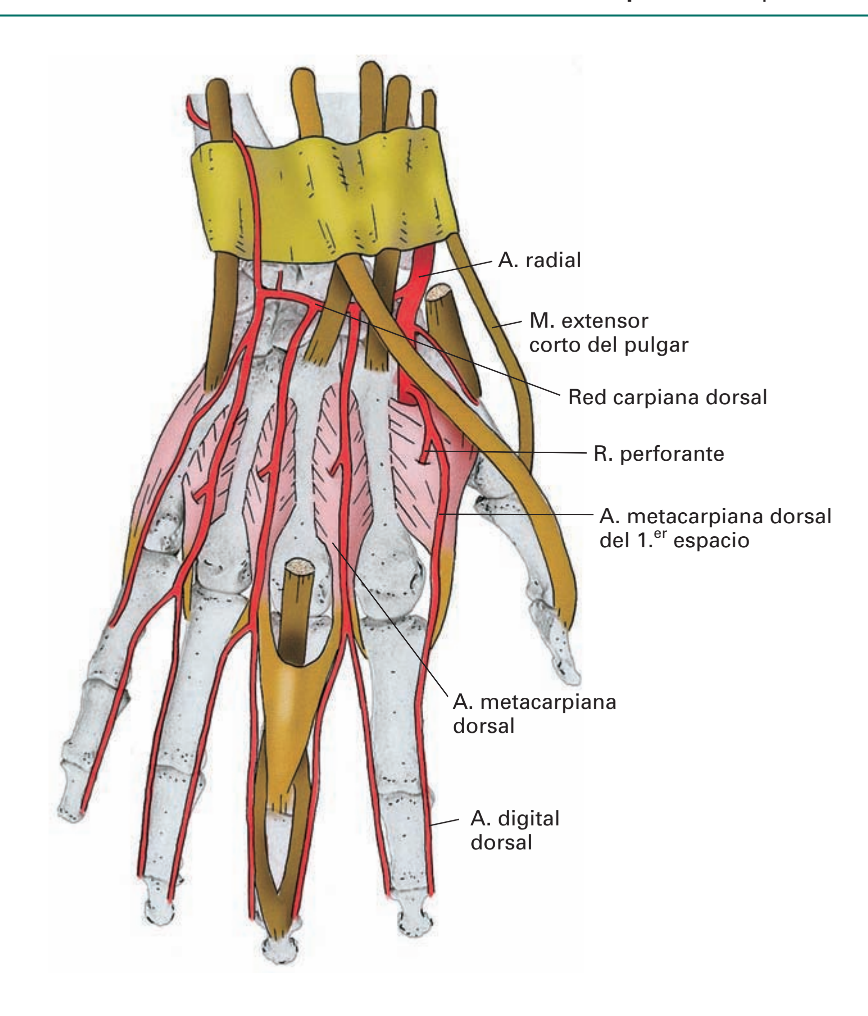


Figura 15-102. Visión posterior de la mano con la red carpiana dorsal.

VENAS PROFUNDAS

Las venas profundas son satélites de las arterias; son dobles, con excepción de la axilar, que es única. Pequeños puentes anastomóticos las interconectan durante su trayecto junto a la arteria.

En la *mano* se encuentran el **arco venoso palmar superficial**, formado por dos venas finas que acompañan al arco arterial correspondiente y reciben las **venas digitales palmares**, y el **arco venoso palmar profundo**, constituido por dos venas asociadas al arco arterial homónimo que recibe las **venas metacarpianas palmares** (*venas interóseas palmares*).

En el *antebrazo* se encuentran las **venas cubitales** y las **venas radiales**, las cuales continúan los arcos palmares y acompañan a las arterias; en la proximidad del codo reciben las **venas interóseas**.

En el *brazo*, las **venas braquiales** (*venas humerales*) acompañan a la arteria braquial y reciben, generalmente, la terminación de la vena basílica.

La **vena axilar** (Fig. 15-93) acompaña a la arteria homónima con la que forma el eje vascular de la región axilar. Se sitúa por dentro de la arteria. Tiene su origen como continuación de las venas humerales y de la vena basílica a nivel del borde inferior del redondo mayor; termina continuándose con la vena subclavia en el vértice de la axila, bajo la clavícula. Está acompañada de los ganglios linfáticos axilares laterales e intimamente relacionada con las ramas del plexo braquial.

Sus venas tributarias son las venas satélites de las colaterales de la arteria axilar y la vena cefálica. Es de señalar que la vena torácica lateral (*vena mamaria externa*) recibe sangre de la glándula mamaria y se anastomosa con venas abdominales superficiales tributarias de la cava inferior mediante las **venas toracoepigástricas**.

Venas superficiales (Fig. 15-104)

Discurren por el tejido subcutáneo, superficalmente a las fascias de la extremidad.

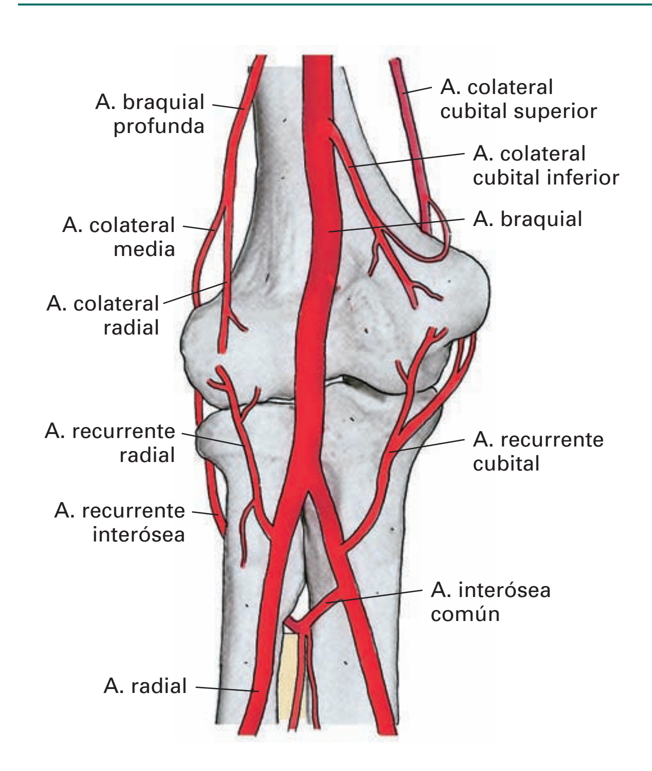


Figura 15-103. Formación de la red arterial del codo.

Mano y dedos

Las **venas digitales dorsales** forman una red en el dorso de los dedos que se continúa con un *plexo venoso dorsal* (**red venosa dorsal de la mano**), muy variable, probablemente singular para cada persona. Las digitales dorsales de los cuatro últimos dedos suelen confluir en el plexo mediante tres venas metacarpianas dorsales (*venas interóseas dorsales*).

Las **venas digitales palmares**, muy finas, drenan en un tenue plexo que se forma entre la piel y la aponeurosis palmar.

La red venosa dorsal y las venas palmares se comunican por las **venas intercapitulares** que atraviesan entre las cabezas de los metacarpianos.

Antebrazo y brazo

La corriente sanguínea nacida de los plexos superficiales de la mano asciende por la extremidad superior siguiendo inicialmente tres complejas vías venosas: la vena cefálica, la vena basílica y la vena mediana antebraquial.

La **vena cefálica**, epifascial, se origina en la base del pulgar sobre la tabaquera anatómica como continuación de la red venosa dorsal.

Esta zona de origen es un punto donde se puede introducir una cánula intravenosa para administrar sueros o efectuar transfusiones.

La vena sigue por la parte anterolateral del antebrazo hasta la fosa cubital donde ocupa el surco bicipital externo; continúa en el brazo por fuera del bíceps y se sitúa en el surco deltopectoral (en un desdoblamiento de la fascia), el cual sigue hasta la cercanía de la clavícula, perfora luego la fascia clavipectoral, se incurva y termina en la vena axilar. Recibe venas antebraquiales, braquiales y las venas toracoacromiales.

La **vena basílica** se forma en la red venosa dorsal de la mano, asciende por el borde cubital del antebrazo, alcanza la fosa cubital a nivel del surco bicipital interno, sube medialmente al bíceps y, hacia la parte media del brazo, perfora la fascia braquial y desemboca en una vena braquial o bien sigue el trayecto del paquete vascular del brazo hasta desembocar en el origen de la vena axilar. Recibe venas antebraquiales y del brazo.

La **vena mediana antebraquial**, muy variable, se origina en el plexo venoso palmar discurre entre la cefálica y la basílica por la cara anterior del antebrazo. En la fosa cubital suele dividirse en «Y», en una **vena mediana cefálica** y otra **mediana basílica**, que se unen a las venas respectivas.

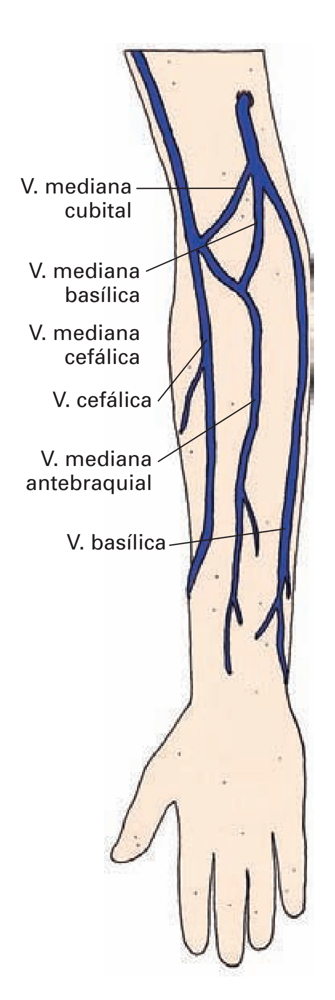


Figura 15-104. Venas superficiales de la extremidad superior.

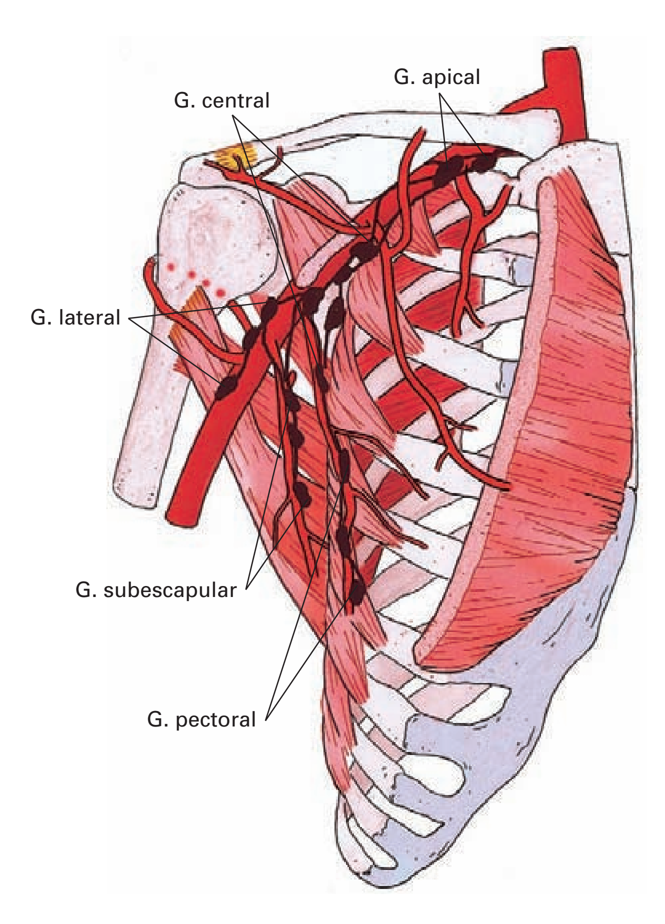


Figura 15-105. Ganglios linfáticos de la axila.

De esta forma, en la región del pliegue del codo se forma una especie de «M» venosa.

La **vena mediana cubital** es un vaso grueso que conecta la cefélica y la basílica oblicuamente en el pliegue del codo.

También puede haber una **vena cefálica accesoria** que discurre por el dorso del antebrazo y se une a la cefálica a nivel del codo.

> Las venas de la «M» venosa y especialmente la vena mediana cubital son las que se utilizan más habitualmente en la práctica clínica para extracción de muestras de sangre, inyecciones intravenosas de medicamentos o sueros.

DRENAJE LINFÁTICO DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

La linfa de la extremidad superior circula por vasos linfáticos superficiales y profundos. Los vasos superficiales son subcutáneos y, en general, acompañan a las venas superficiales. Los vasos profundos discurren con los paquetes vasculares profundos de la extremidad.

Toda la circulación linfática es drenada hacia los ganglios linfáticos axilares. A lo largo de la extremidad y siguiendo el trayecto de los vasos linfáticos se puede encontrar un número variable de pequeños ganglios extraaxilares.

Ganglios linfáticos axilares

Constituyen un conjunto numeroso de ganglios linfáticos (hasta 30), inmersos en la grasa de la axila, que se han clasificado en cinco grupos: apical, lateral, anterior, posterior y central. Los ganglios están unidos por un entramado reticular de vasos linfáticos que se ha denominado **plexo linfático axilar**.

El **grupo apical** se sitúa por detrás de la fascia clavipectoral, entre el pectoral menor y el vértice de la axila. Es un grupo terminal y a él llega la linfa procedente de los otros grupos ganglionares y de él parte el **tronco linfático subclavio**.

El **grupo lateral** o **braquial** se dispone a lo largo de la arteria y la vena axilar.

El **grupo anterior** o **pectoral** sigue los vasos torácicos laterales por debajo del pectoral menor, junto a la pared torácica.

El **grupo posterior** o **subescapular** se dispone sobre la pared posterior de la axila junto a los vasos subescapulares.

El **grupo central** se encuentra en medio del hueco axilar sobre la fascia que cierra la base la axila.

Los ganglios linfáticos de la axila recogen la linfa de la extremidad superior, la mitad externa de la mama, la pared anterolateral del tronco por encima del ombligo, la región escapular y parte de la nuca.

Los *vasos eferentes* del grupo apical forman el **tronco linfático subclavio**, el cual llega por el vértice de la axila hacia el confluente venoso, donde puede terminar independientemente o mediante el conducto torácico en el lado izquierdo o el conducto linfático derecho en este lado (Fig. 15-50).

Otros ganglios

Intercalados a lo largo de los vasos linfáticos de la extremidad hay pequeños ganglios linfáticos más o menos constantes. Algunos, como los ganglios infraclaviculares, interpectorales o paramamarios se encuentran en la región pectoral, por delante de la axila.

Los **ganglios linfáticos infraclaviculares** o **deltopectores** se encuentran en el surco deltopectoral, al lado de la vena cefálica.

Los **ganglios linfáticos interpectorales**, muy pequeños, se disponen entre los músculos pectoral mayor y menor.

Los **ganglios linfáticos paramamarios** están por delante del borde inferior del pectoral mayor, por fuera de la glándula mamaria.

Ganglios supratrocleares: generalmente uno, a veces dos pequeños ganglios dispuestos por encima del epicóndilo medial.

En el trayecto de las arterias radial y cubital se puede encontrar algún ganglio linfático.

VASOS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

ARTERIAS

El riego arterial de la extremidad inferior es dependiente del sistema de la arteria ilíaca externa. Esta arteria pasa al muslo con el nombre de arteria femoral, descendiendo por su parte anteromedial; luego, por detrás de la articulación de la rodilla, se continúa con la arteria poplítea, la cual, en la pierna, se bifurca en arterias tibiales anterior y posterior.

ARTERIA FEMORAL

La **arteria femoral** es continuación de la ilíaca externa a nivel de la laguna vascular. Desciende por la parte anterointerna del muslo hasta el anillo del aductor mayor, donde la arteria se continúa con la poplítea (Figs. 15-106 a 15-111).

La arteria femoral es uno de los lugares preferentes de alojamiento de *émbolos*, generalmente de origen cardíaco. La obstrucción de la femoral por el coágulo sanguíneo provoca un déficit de riego (*isquemia*) que se caracteriza por dolor, hipersensibilidad y enfriamiento de la parte más distal de la extremidad.

Situación y trayecto

La arteria recorre primero el **triángulo femoral** y luego el **canal de los aductores**. El trayecto de la arteria se proyec-

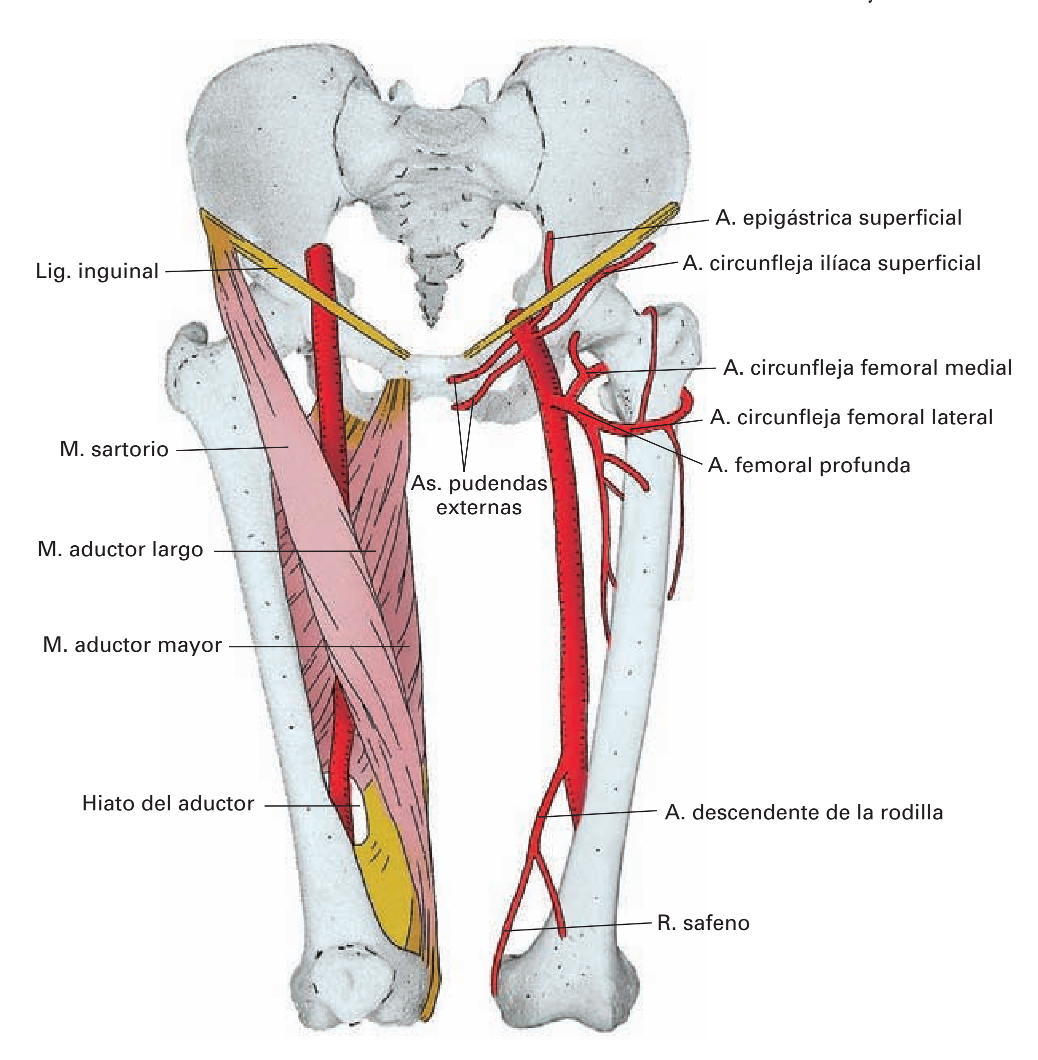


Figura 15-106. Arteria femoral. En el lado derecho se han representado sus referencias musculares fundamentales. En el lado izquierdo, la ramas colaterales.

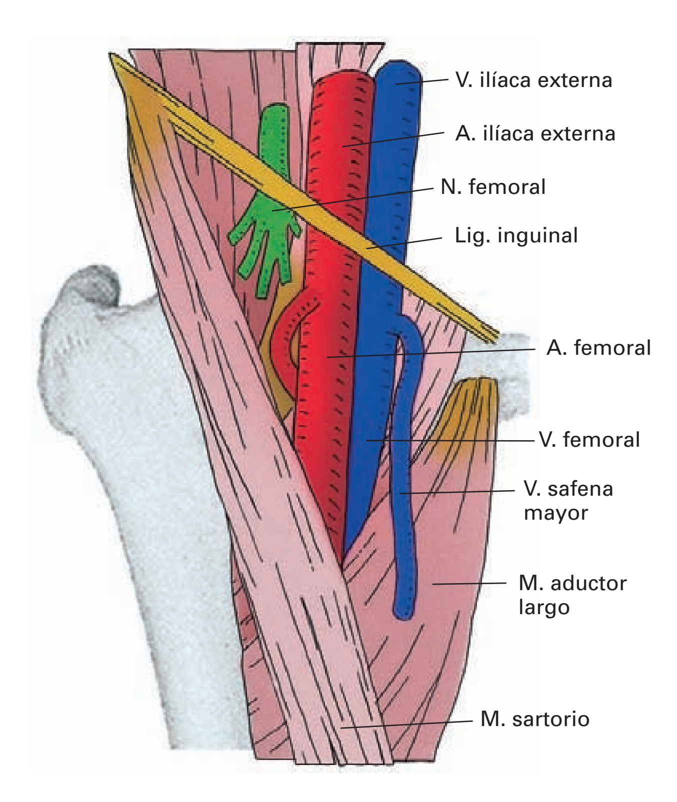


Figura 15-107. Arteria femoral en el triángulo femoral.

ta en la superficie por una línea que une el punto medio de la ingle con el cóndilo medial del fémur.

Se distinguen en su trayecto tres segmentos: de origen, en el triángulo femoral y en el conducto de los aductores.

En su origen, la femoral ocupa la **laguna vascular**, comprendida entre el ligamento inguinal por delante, la cresta pectínea y el ligamento pectíneo (*ligamento de Cooper*) por detrás, el arco iliopectíneo por fuera y el ligamento lacunar por dentro. La arteria es el elemento más externo y sitúa inmediatamente por fuera de la vena femoral. Por dentro de la vena queda un espacio muy estrecho, el anillo femoral, que da acceso al conducto femoral. El anillo, al igual que el conducto, está ocupado por vasos linfáticos y, casi siempre, por un ganglio linfático (*ganglio de Rosenmüller*[31]). Estos elementos vasculares están envueltos en la vaina femoral, en forma de embudo, con la base hacia la ingle, la cual está tabicada y dividida en tres compartimentos, uno externo para la arteria, otro medio para la vena y otro interno (conducto femoral) para los linfáticos.

En el **triángulo femoral** (*triángulo de Scarpa*[32]), la arteria forma el eje desde la base (ligamento inguinal) hasta el vértice (Figs. 15-106, 15-107 y 15-108). Se apoya por detrás sobre el iliopsoas, que la separa de la cabeza del fémur, y el pectíneo; por delante está cubierta por la fascia lata, el tejido subcutáneo y la piel. Así, la arteria se puede palpar muy bien, sobre todo en personas delgadas, y es posible tomar el pulso comprimiéndola contra el plano óseo.

En su parte alta, la fascia lata presenta el **hiato safeno** para la entrada de la vena safena mayor en la vena femoral. En el hiato safeno hay un tejido fibroso delicado, la **fascia cribiforme.** Delante de la fascia están los ganglios inguinales superficiales y la piel. La vena femoral, medial a la arteria, se va haciendo posterior a ésta hacia el vértice del triángulo.

> La región del triángulo femoral es la zona de elección para practicar una *arteriografía.* Tras una mínima incisión se introduce un catéter con el que se puede llegar a cualquier zona del árbol arterial para inyectar un medio de contraste. También es una zona preferente para introducir mezclas de sustancias fijadoras (formol, alcohol) en el *embalsamamiento* de un cadáver.
>
> Comprimiendo la arteria sobre la articulación de la cadera se puede palpar *el pulso femoral*

En el **conducto de los aductores** (*canal de Hunter*[33]), la arteria desciende entre los músculos aductores largo y mayor por detrás, el vasto medial por fuera y el sartorio por delante y por dentro (Fig. 15-106). Bajo el sartorio, el

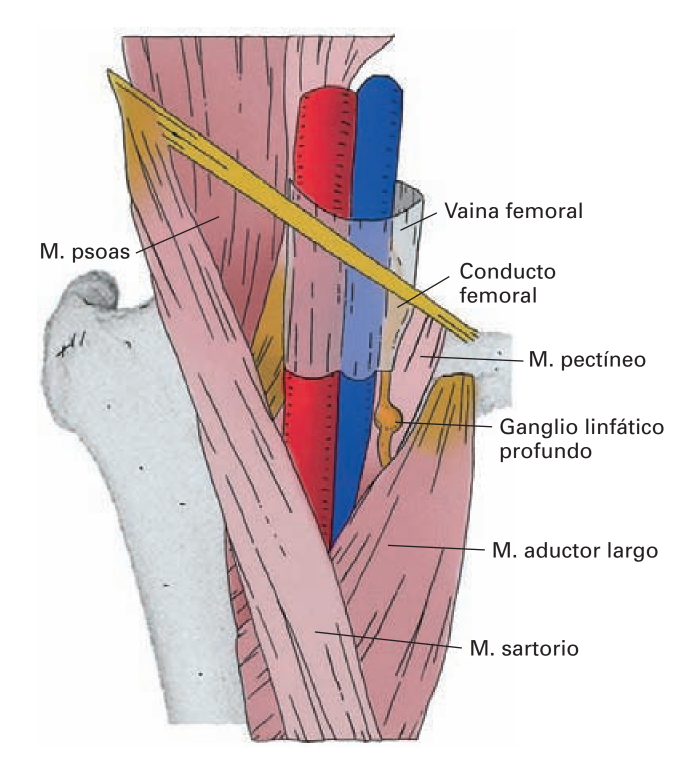


Figura 15-108. Formación de la vaina femoral.

[31] Johan Rosenmüller, médico y anatomista alemán (1771-1820).

[32] Antonio Scarpa, médico y anatomista italiano (1752-1832). Hizo notables descubrimientos anatómicos, hasta hace años ligados a su nombre.

[33] John Hunter, anatomista y cirujano escocés (1728-1793).

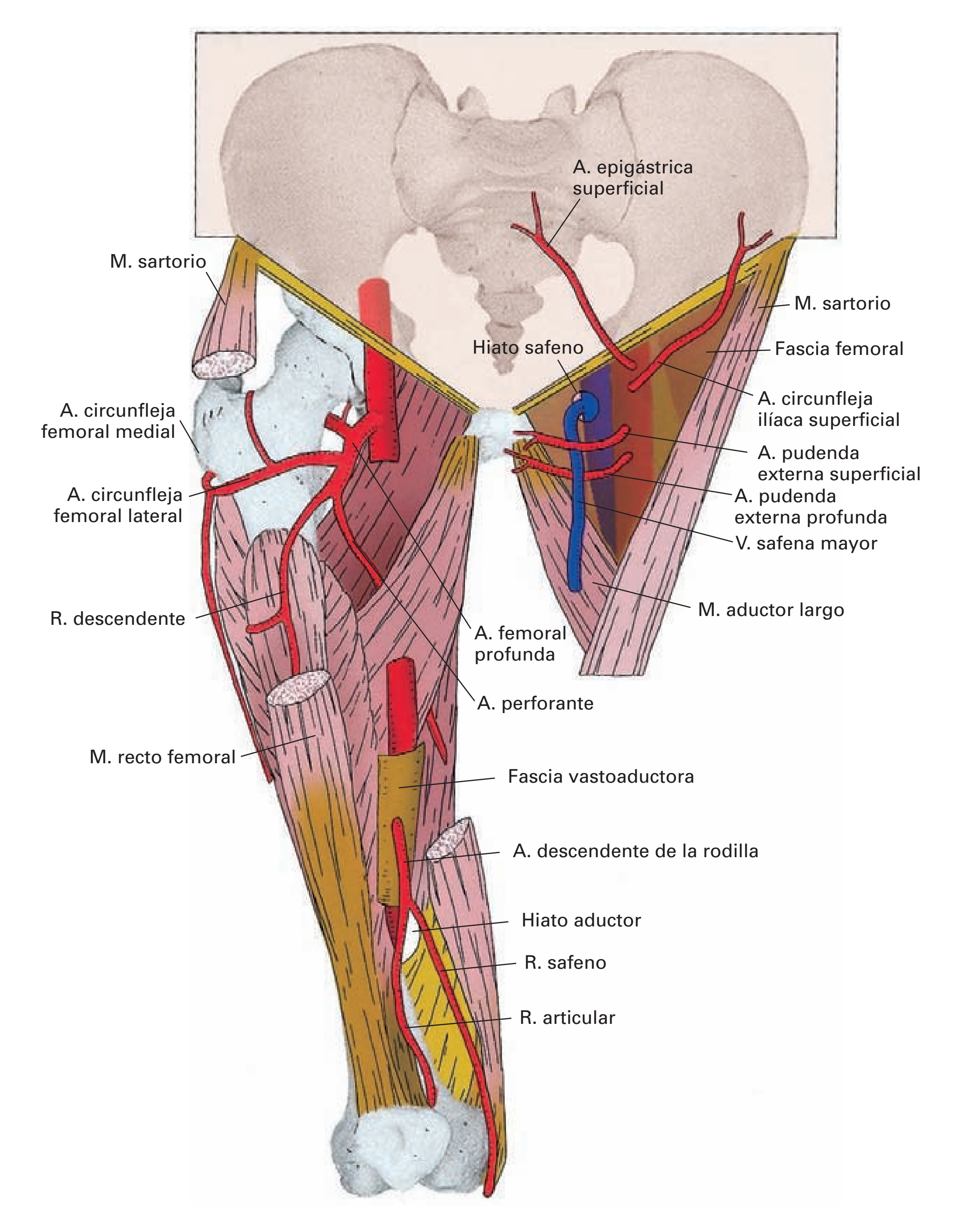


Figura 15-109. Arteria femoral. En el lado derecho, se representan la arteria femoral profunda y la descendente de la rodilla. En el lado izquierdo, se representan las ramas superficiales del triángulo femoral.

canal está reforzado por la *fascia vastoaductora*, un refuerzo fibroso que se extiende entre el vasto medial y el tendón del aductor mayor. Esta fascia ayuda a proteger y contener la arteria manteniéndola en posición durante los movimientos del sartorio. La arteria sale del conducto por el hiato del aductor y se continúa por detrás del fémur como arteria poplítea. La vena femoral se coloca por detrás de la arteria.

Durante todo su trayecto, la arteria entra en relación con ramas del nervio femoral.

Colaterales

En el triángulo femoral emite las arterias femoral profunda, circunfleja ilíaca superficial, epigástrica superficial y

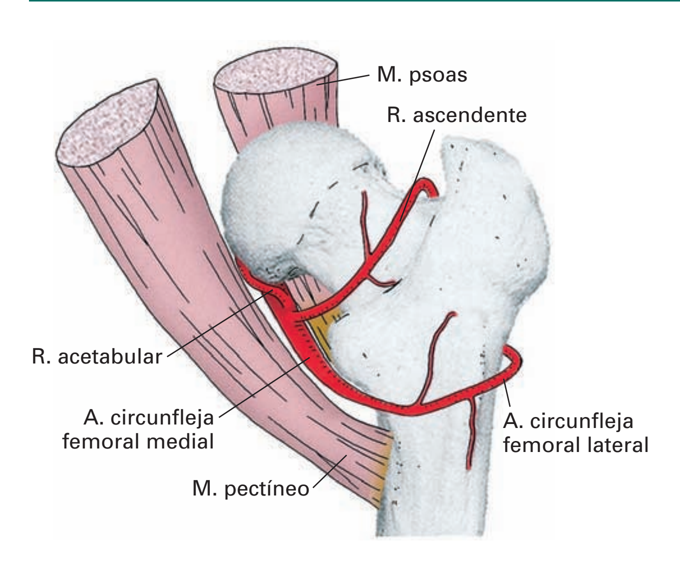


Figura 15-110. Visión posterior de la red arterial de la cadera.

pudendas externas. En el canal de los aductores emite la arteria descendente de la rodilla.

Arteria femoral profunda

La **arteria femoral profunda** es la rama más gruesa de la femoral; es la verdadera arteria del muslo, destinada a irrigar los músculos y la piel, así como el fémur y la articulación coxofemoral (Figs. 15-106 y 15-109).

Nace de la cara posterior de la femoral, a un nivel variable, desciende por detrás de ésta sobre el plano muscular del suelo del triángulo femoral, pasa por el intersticio entre el pectíneo y el aductor largo, y se introduce entre los músculos aductores cerca de la cara medial del fémur. En este trayecto se dispone entre el aductor largo por delante y los aductores corto y mayor por detrás; finalmente, atraviesa, muy adelgazada, el músculo aductor mayor con el nombre de **última arteria perforante** (*tercera o cuarta*)

Colaterales

Las **arterias perforantes** son, contando la última, tres o cuatro vasos que atraviesan los músculos aductores y alcanzan la cara posterior del muslo. Detrás del aductor mayor se dividen en ramos ascendentes y descendentes que se anastomosan entre sí formando la cadena perforante. Esta cadena comunica en sentido proximal con las arterias glútea inferior y circunflejas, y en sentido distal con ramos musculares de la poplítea. De las perforantes sale la arteria nutricia del fémur, generalmente de la segunda.

Las uniones vasculares a través de la cadena perforante ponen en comunicación la arteria ilíaca interna con la poplítea, hecho que permite establecer una circulación colateral hacia la pierna y el pie en caso de obstrucción o hemorragia de la arteria femoral.

La **arteria circunfleja femoral medial** (*arteria circunfleja interna o posterior*) nace próxima al origen de la femoral profunda (Figs. 15-106, 15-109 y 15-110). Se dirige hacia atrás y sale del triángulo femoral entre el psoas y el pectíneo, pegada al cuello quirúrgico del fémur y apoyada sobre el músculo obturador externo. En este punto da las ramas transversa, profunda, ascendente y acetabular. La **rama transversa** continúa la arteria rodeando por detrás el cuello del fémur y se une a la transversa de la circunfleja lateral. La **rama profunda** irriga los músculos próximos. La **rama ascendente** sigue el tendón del obturador externo hasta la fosa trocantérea contribuyendo a formar un círculo arterial sobre el cuello anatómico del fémur con la rama ascendente de la circunfleja lateral. La **rama acetabular** busca la escotadura acetabular y penetra en el ligamento redondo para irrigar la cabeza del fémur. Acompaña a la rama acetabular de la obturatriz, con la que generalmente se anastomosa.

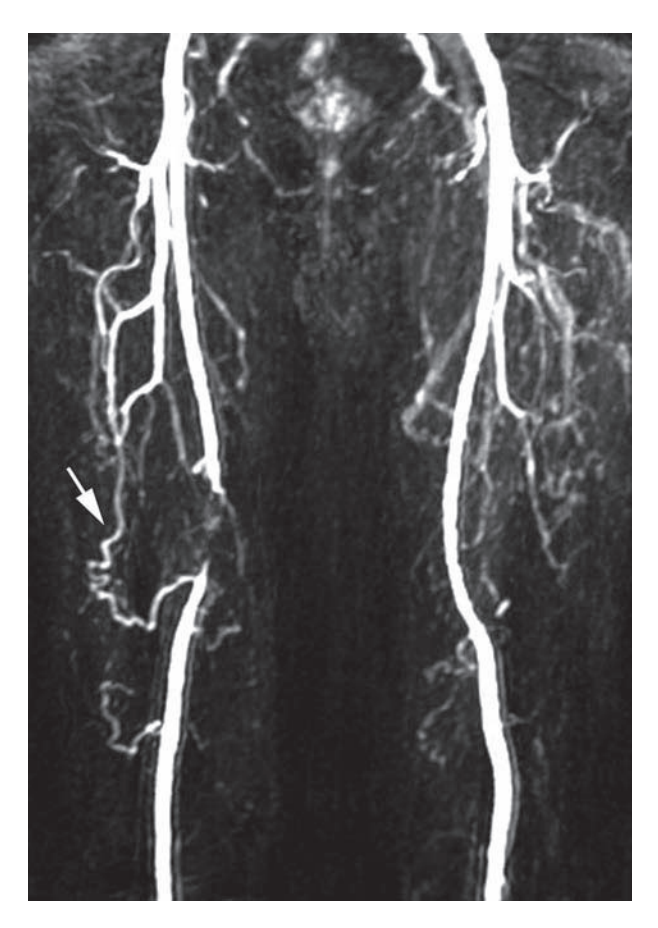


Figura 15-111. RM de las arterias femorales. Nótese en el lado derecho una obstrucción en la parte distal de la arteria femoral y la presencia de circulación colateral (flecha).

La **arteria circunfleja femoral lateral** (*arteria circunfleja externa* o *anterior*) nace próxima al origen de la femoral profunda. Se dirige hacia fuera entre las ramas del nervio femoral, pasa por detrás del músculo recto anterior y emite las ramas transversal, ascendente y descendente. La **rama transversal** atraviesa el vasto lateral, rodea el cuello quirúrgico del fémur por delante y se anastomosa con la otra arteria circunfleja. La **rama ascendente** sube bajo el recto anterior por delante de la articulación coxofemoral y se anastomosa con la otra circunfleja alrededor del cuello anatómico. El **ramo descendente**, grueso, camina bajo el recto y se distribuye por el cuádriceps; siguiendo el vasto lateral alcanza la cara externa de la rodilla contribuyendo a formar la red periarticular.

Ramas de la parte proximal del triángulo femoral: son arterias delgadas, destinadas a la piel de la ingle, la parte baja del abdomen y los genitales externos (Figs. 15-106, 15-109).

Las **arterias pudendas externas** nacen de la cara interna de la femoral. Son generalmente dos, la **pudenda externa superficial** (*pudenda externa superior*) y la **pudenda externa profunda** (*pudenda externa inferior*). La superficial suele cruzar por delante de la vena safena mayor y la profunda por detrás. Se dirigen hacia dentro para distribuirse por el pubis y la región perineal anterior. Dan ramas para el escroto (**ramos escrotales anteriores**) o los labios mayores (**ramos labiales anteriores**). Se anastomosan con la pudenda interna.

La **arteria circunfleja ilíaca superficial** atraviesa la fascia lata y se dirige hacia fuera paralela al ligamento inguinal en dirección a la espina ilíaca superficial. Irriga la piel de la ingle.

La **arteria epigástrica superficial** perfora la fascia cribiforme junto al ligamento inguinal y asciende por la pared abdominal en dirección al ombligo.

La **arteria descendente de la rodilla** (*arteria anastomótica mayor*) se origina cerca del anillo del aductor. Da **ramos articulares** que, atravesando el vasto medial, alcanzan la cara interna de la rodilla, y un **ramo safeno** que perfora la fascia vastoaductora del canal y, acompañando al nervio safeno, desciende hasta el lado interno de la rodilla. Esta arteria contribuye a formar la red periarticular de la rodilla. Da, además, **ramos musculares** y **cutáneos** para la piel de la parte interna de la rodilla y proximal de la pierna.

ARTERIA POPLÍTEA

La **arteria poplítea** se origina en el anillo del aductor como continuación de la femoral (su nombre se debe a que ocupa el hueco poplíteo situado por detrás de la articulación de la rodilla). Irriga la articulación de la rodilla y los músculos vecinos, especialmente el tríceps sural.

Situación y trayecto (Fig. 15-112)

La arteria ocupa una posición muy profunda en el **hueco poplíteo**, por el que desciende ligeramente oblicua de medial a lateral y termina bajo el **arco del sóleo** dividiéndose en las **arterias tibial anterior y tibial posterior**. Se apoya por delante sucesivamente, de proximal a distal, sobre la superficie poplítea del fémur, la cápsula de la articulación de la rodilla y el músculo poplíteo. Para ver la arteria es preciso desplazar hacia los lados los límites musculares del hueco poplíteo con los que se relaciona. La arteria forma parte del paquete vasculonervioso poplíteo: la vena poplítea se dispone por detrás y por fuera de la arteria, y el nervio tibial por detrás y por fuera de la vena. Cubriendo el paquete están las fascias poplíteas profunda y superficial y la piel.

> Con la pierna en flexión se puede palpar el *pulso poplíteo* presionando sobre el plano osteofibroso profundo.

Colaterales

La poplítea da ramas articulares para la rodilla, **ramas musculares (surales)** y **ramas cutáneas**.

Las ramas articulares o geniculadas son cinco: dos superiores, una media y dos inferiores.

La **arteria superior lateral de la rodilla** (*arteria superoexterna*) se extiende hacia fuera pasando entre el cóndilo lateral del fémur y el tendón del bíceps femoral.

La **arteria superior medial de la rodilla** (*arteria superointerna*) se dirige hacia dentro pasando entre el cóndilo medial del fémur y el tendón del aductor mayor.

La **arteria media de la rodilla**, corta, se dirige hacia delante, atraviesa el plano fibroso articular de la rodilla y se ramifica en el espacio intercondíleo irrigando la sinovial y los ligamentos cruzados.

Las **arterias inferiores de la rodilla** se desprenden por debajo de la interlínea articular y discurren adosadas a los cóndilos tibiales en la proximidad de los meniscos. La **inferior lateral de la rodilla** pasa bajo la cabeza lateral del gastrocnemio y el ligamento colateral peroneo; la **inferior medial de la rodilla** pasa hacia dentro bajo la cabeza medial del gastrocnemio y el ligamento colateral tibial.

Las arterias geniculares se anastomosan para contribuir a formar la red periarticular de la rodilla o red rotuliana (Fig. 15-113).

Las **arterias surales** son dos. Se desprenden a nivel de la interlínea articular y penetran en las cabezas de los gastrocnemios. Pueden nacer de un tronco común. Otros ramos musculares se desprenden de las articulares superiores.

Las **ramas cutáneas** son muy variables y finas. Se desprenden de alguna de las ramas de la poplítea, rara vez

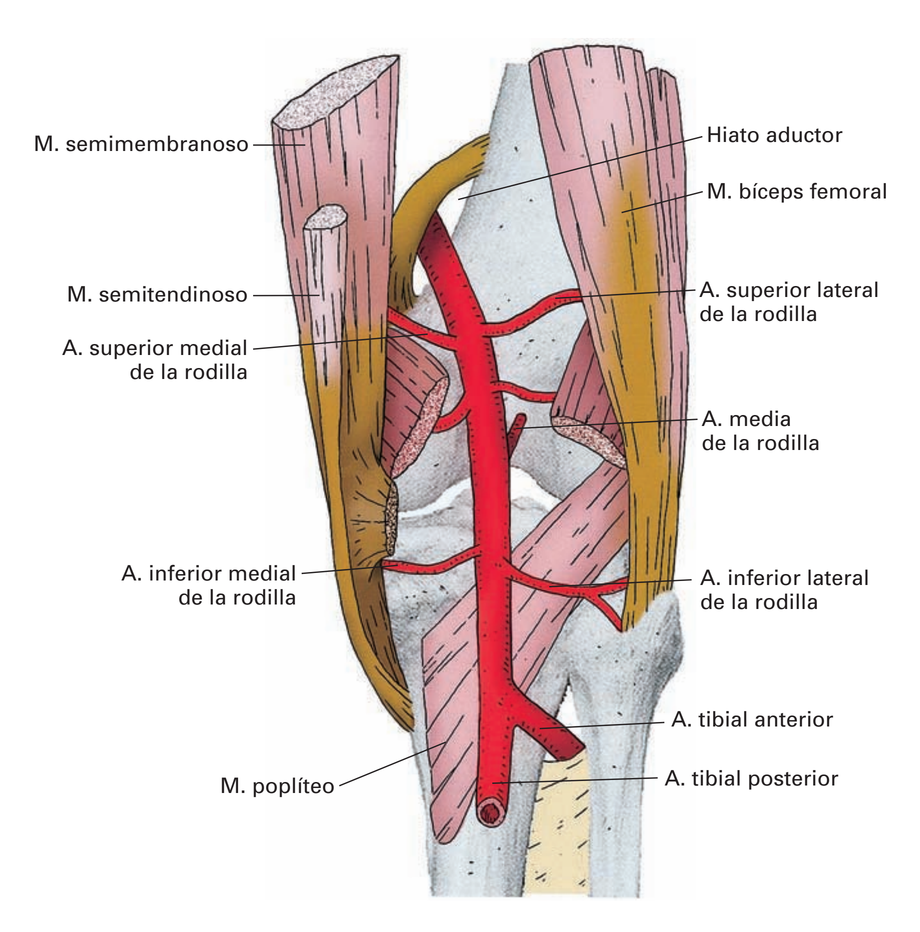


Figura 15-112. Arteria poplítea.

directamente; irrigan la piel de la cara posterior de la pierna. Una de ellas, la arteria sural superficial, acompaña a la vena safena menor.

ARTERIA TIBIAL ANTERIOR (Fig. 15-114)

La **arteria tibial anterior** es la rama más delgada de terminación de la poplítea. Se extiende desde el **arco del sóleo** al borde distal del retináculo extensor inferior, donde se continúa con la **arteria dorsal del pie**. Se proyecta desde la depresión anteroperonea a la mitad de la línea intermaleolar.

Nada más nacer, pasa hacia la **región anterior de la pierna** por un hiato situado por encima de la membrana interósea entre los extremos proximales de la tibia y del peroné. Desciende apoyándose directamente por detrás, primero sobre la membrana interósea y, luego, sobre el extremo distal de la tibia y la articulación del tobillo. En la pierna está en el fondo del intersticio muscular comprendido entre el tibial anterior por dentro y los extensores por fuera, por lo que es preciso separar estos músculos para ver la arteria. Más distalmente, en la **garganta del pie**, la arteria es muy superficial y está cruzada por el extensor largo del dedo grueso, de modo que primero es lateral a la arteria, pero luego salta por delante de ella para colocarse medialmente.

La arteria forma un paquete vasculonervioso con dos venas tibiales anteriores y el nervio peroneo profundo.

Colaterales

Además de **ramos musculares** para la musculatura vecina y **ramas cutáneas** para la piel anterior de la pierna, la tibial anterior emite, en la parte proximal, las arterias recurrentes tibiales anterior y posterior, y, en la parte distal, las arterias maleolares anteriores lateral y medial.

Ramas proximales

La **arteria recurrente tibial anterior** asciende por delante del cóndilo lateral de la tibia entre las inserciones del tibial anterior y contribuye a formar la red perirrotuliana.

La **arteria recurrente tibial posterior**, inconstante, nace a nivel del arco del sóleo y asciende cubierta por el poplíteo para ansatomosarse con la red periarticular.

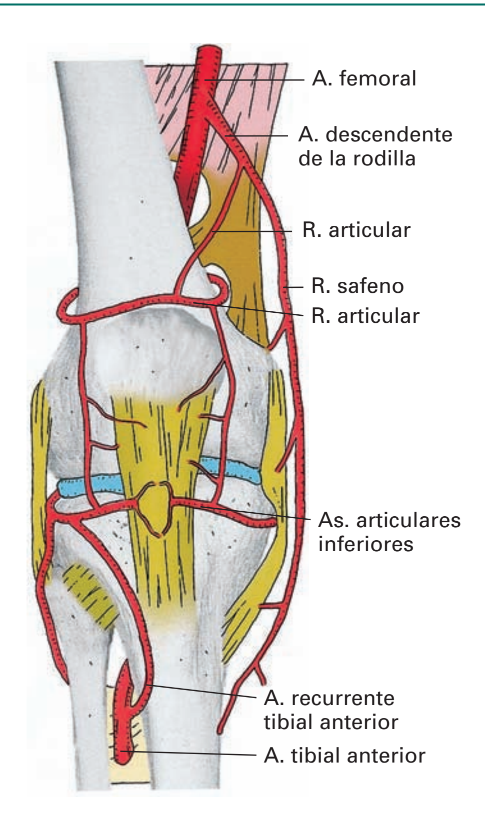


Figura 15-113. Red arterial perirrotuliana.

Ramas distales

La **arteria maleolar anterior lateral** se dirige hacia fuera, pasa entre el peroné y el músculo extensor largo de los dedos, y alcanza la red maleolar externa.

La **arteria malolar anterior medial** se dirige hacia dentro, pasa entre la tibia y el músculo tibial anterior, y alcanza la red maleolar interna.

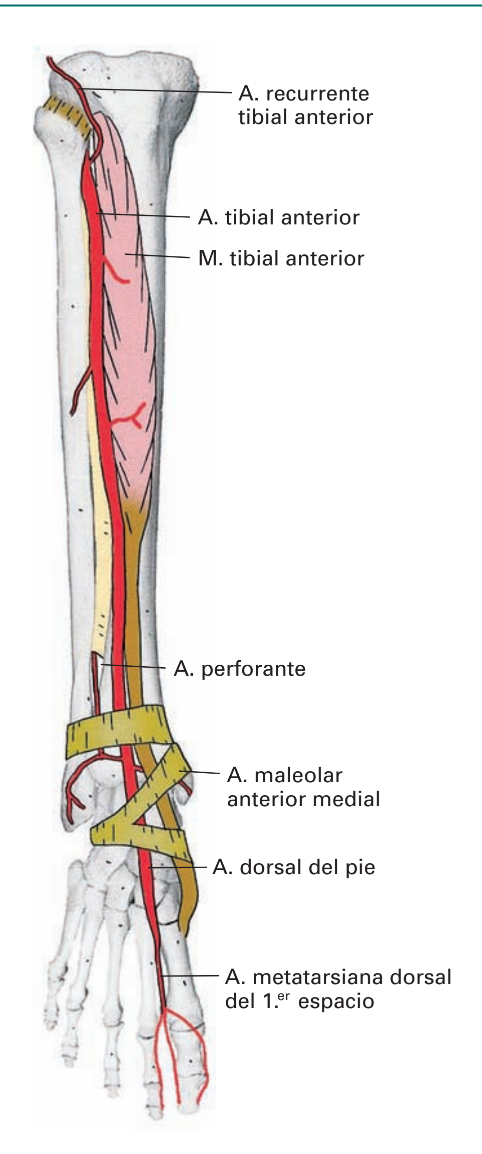


Figura 15-114. Arteria tibial anterior.

ARTERIA TIBIAL POSTERIOR (Fig. 15-115)

La **arteria tibial posterior** es la rama terminal más gruesa de bifurcación de la poplítea. Se extiende desde el arco del sóleo hasta el *canal calcáneo*, donde, bajo el retináculo flexor, se divide en las **arterias plantares medial** y **lateral**.

Situación y trayecto

La tibial posterior desciende por la **región posterior de la pierna** entre el plano muscular profundo y superficial, cubierta por el sóleo por detrás y apoyada por delante primero sobre el tibial posterior y luego sobre el flexor largo de los dedos. Pasa por detrás del maléolo tibial, paralela al borde interno del tendón del tríceps en posición muy superficial; a este nivel, está separada del maléolo por los tendones del tibial posterior y del flexor largo de los dedos, cubierta únicamente por la fascia y la piel. Bajo el maléolo penetra en el *canal calcáneo* cubierta por el retináculo flexor y acompañada por los tendones del flexor largo del primer dedo por fuera y el flexor largo de los dedos por dentro.

> Entre el maléolo tibial y el borde del talón se puede tomar el pulso de la arteria.

Colaterales

La arteria suministra **ramas musculares** para los músculos adyacentes y **ramas cutáneas** para la piel de la parte posterointerna de la pierna. En la parte proximal da las arterias peronea circunfleja y nutricia de la tibia. En la parte distal, se encuentran las ramas maleolares mediales y calcáneas.

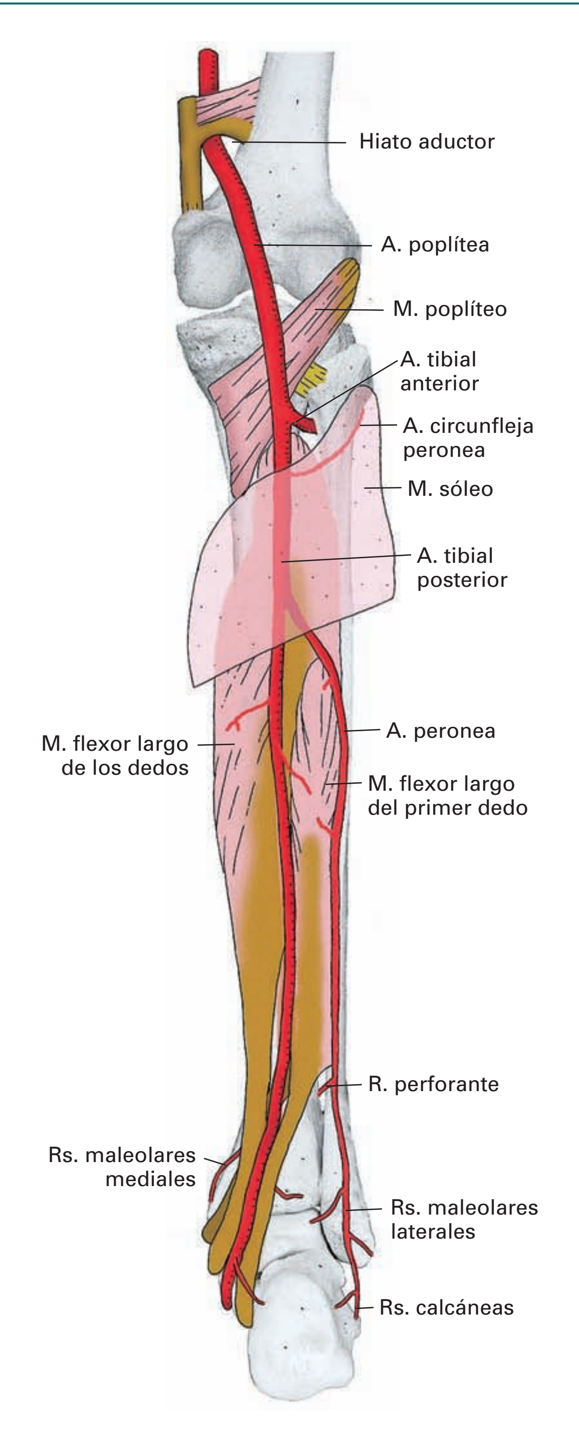


Figura 15-115. Arteria tibial posterior. Visión posterior de la pierna. El músculo sóleo ha sido transparentado y seccionado.

Ramas proximales

La **arteria peronea** es la colateral más gruesa e importante de la tibial posterior. Se desprende de ella a poca distancia del arco del sóleo. Desciende muy profundamente, bajo el sóleo, en el espesor del flexor largo del dedo grueso o entre éste y el tibial posterior. Termina, muy adelgazada, por detrás del maléolo peroneo emitiendo las **ramas calcáneas**.

La peronea emite **ramas musculares**, la **arteria nutricia del peroné**, la rama perforante, la rama comunicante y las ramas maleolares laterales.

La **rama perforante** atraviesa la parte distal de la membrana interósea y pasa al dorso del pie, donde se une a la arteria dorsal del pie y contribuye a la red maleolar peronea.

La **rama comunicante** se extiende transversalmente hacia la tibial posterior.

Las **ramas maleolares laterales** se distribuyen profusamente por el maléolo peroneo.

La **arteria circunfleja peronea** es la rama más proximal de la tibial posterior. Rodea el cuello del peroné y contribuye a formar la red periarticular de la rodilla.

La **arteria nutricia de la tibia** penetra en esta bajo la línea oblicua. Es la más gruesa de las arterias nutricias del esqueleto.

Ramas distales

Las ramas maleolares mediales se dirigen por detrás del maléolo para formar la red maleolar medial.

Las **ramas calcáneas** se extienden hacia la cara interna y posterior del calcáneo para formar parte de la red calcánea anastomosándose con las ramas correspondientes de la peronea.

VASCULARIZACIÓN ARTERIAL DEL PIE

La irrigación arterial del pie se establece por las ramas terminales de la tibial anterior (arteria dorsal del pie) y de la tibial posterior (arterias plantares lateral y medial).

ARTERIA DORSAL DEL PIE (Fig. 15-116)

La **arteria dorsal del pie** (*arteria pedia*) es la continuación de la tibial anterior. Se extiende desde el borde distal del retináculo extensor inferior hasta el extremo proximal del primer espacio interóseo, donde se divide en ramas terminales: las arterias plantar profunda y metatarsiana dorsal del primer espacio.

La arteria es muy superficial, cubierta por la fascia y la piel. Discurre por encima de la articulación del tobillo, el navicular y la cuña intermedia; el tendón del músculo extensor largo del primer dedo discurre medial a la arteria.

La toma del *pulso en la pedia* es una maniobra frecuente en la práctica clínica. Si se extiende el dedo grueso, se marca el relieve del tendón, que sirve de guía para encontrar la arteria.

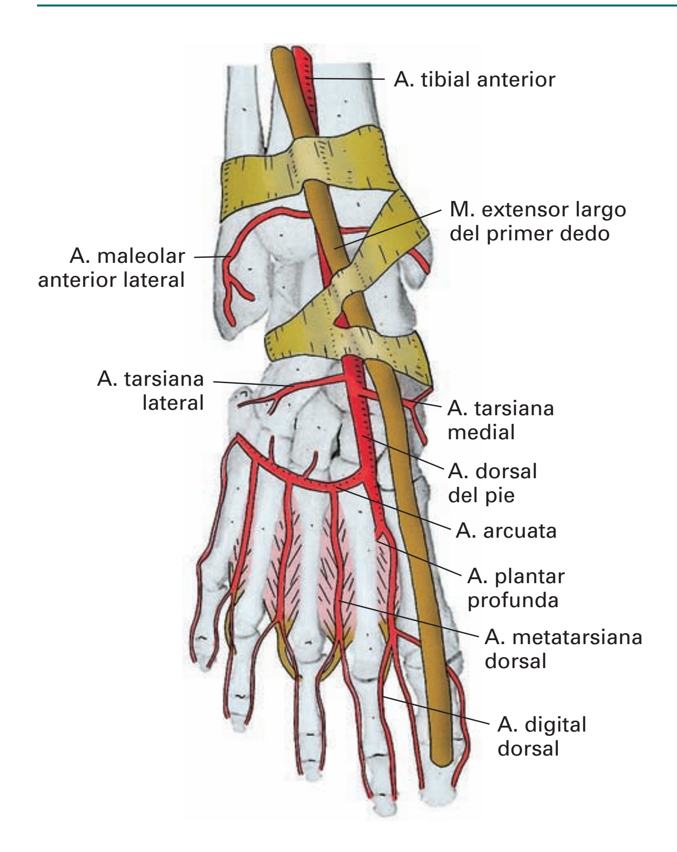


Figura 15-116. Arteria dorsal del pie.

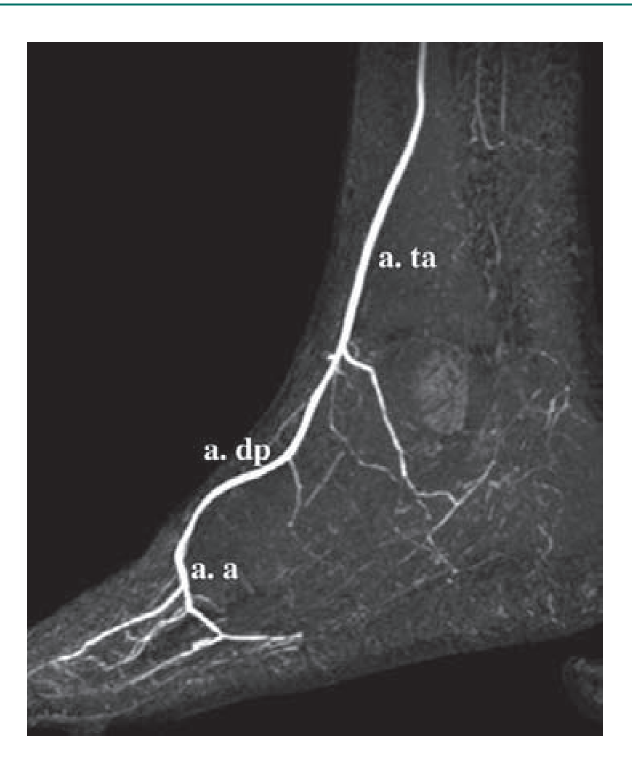


Figura 15-117. RM de la arteria dorsal del pie. Arteria tibial anterior (ta); arteria dorsal del pie (dp); arteria arcuata (a).

Terminales

La **arteria plantar profunda** atraviesa el primer espacio interóseo, penetra en la planta del pie y contribuye a formar el arco plantar.

La **arteria metatarsiana dorsal del primer espacio** sigue hacia delante sobre el músculo interóseo correspondiente y al llegar a la raíz de los dedos se divide en dos **arterias digitales dorsales**, que siguen los flancos lateral y medial del primer y segundo dedo respectivamente. Un fino ramo pasa bajo el tendón del extensor largo del dedo grueso e irriga el borde medial de este dedo.

Colaterales

La **arteria arcuata** (*arteria dorsal del metatarso*) es un importante vaso que se desprende de la pedia cerca de su terminación. Se dirige transversalmente hacia el borde externo del pie sobre las bases de los metatarsianos describiendo una ligera curva cóncava en sentido proximal; suele anastomosarse con la tarsiana lateral. Da **tres arterias metatarsianas dorsales** (*arterias interóseas dorsales del pie*) que siguen los espacios interóseos segundo a cuarto. Cada una se divide en la raíz de los dedos en dos **arterias digitales dorsales** que se distribuyen por los flancos de los dedos correspondientes. La arcuata o la última metatarsiana dorsal emiten la **arteria digital dorsal para el flanco lateral del 5.º dedo**. Las metatarsianas dorsales dan **ramos perforantes** proximales y distales en cada espacio interóseo, que se unen a las metatarsianas plantares.

La **arteria tarsiana lateral** (*arteria dorsal del tarso*) se dirige oblicuamente hacia fuera sobre el tarso, bajo los músculos extensores cortos de los dedos, y alcanza el borde externo del pie a nivel de la base del 5.º metatarsiano, anastomosándose, generalmente, con la arteria arcuata. Da ramos a los músculos, huesos, ligamentos y piel vecinos.

Las **arterias tarsianas mediales** (*arterias tarsianas internas*) son varios finos ramos que se dirigen hacia el borde interno del pie.

ARTERIAS PLANTARES

Las arterias plantares resultan de la bifurcación terminal de la tibial posterior en el canal calcáneo (Fig. 15-118).

La **arteria plantar medial** es más delgada y pequeña que la lateral. Se dirige hacia el dedo grueso por la parte más interna de la planta del pie. El músculo separador del dedo gordo, es su músculo satélite: en principio, cubre la arteria; luego se sitúa medialmente a ella. Junto a la arteria se encuentran los músculos flexores largo y corto del dedo gordo. A nivel de la cabeza del primer metatarsiano se continúa como **arteria digital plantar medial del primer dedo**. Da ramos cutáneos, musculares y articulares a las

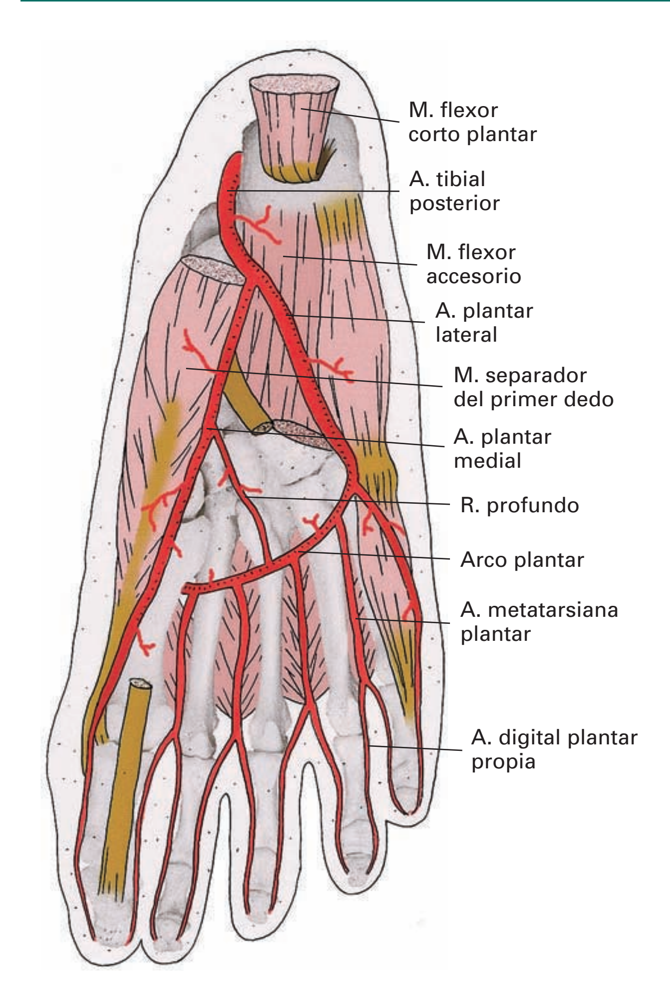


Figura 15-118. Arterias plantares con sus referencias musculares fundamentales.

estructuras próximas. Cerca de su origen da un **ramo profundo** que, generalmente se anastomosa con el arco plantar.

La **arteria plantar lateral** se extiende oblicuamente hacia delante y hacia fuera entre los músculos flexor corto de los dedos y cuadrado carnoso (flexor accesorio). A nivel de la base del 5.º metatarsiano cambia bruscamente de dirección y se hace transversal; cruza la planta del pie hasta llegar a unirse a la plantar profunda de la dorsal del pie en el extremo proximal del primer espacio interóseo. Esta porción transversal se denomina **arco plantar** y está directamente apoyada sobre los metatarsianos y los músculos interóseos.

El arco plantar emite ramos musculares, articulares y cutáneos para el territorio próximo. Además, emite las **arterias metatarsianas plantares**, en número de **cuatro**, una por cada espacio; al llegar a la raíz de los dedos, cada una de ellas emite las arterias **digitales plantares propias**, que siguen las superficies plantares lateral y medial de los dedos respectivos. La **digital plantar propia del borde externo del 5.º dedo** nace en el punto de origen del arco plantar. Las metatarsianas plantares se anastomosan con las arterias dorsales mediante **ramos perforantes**.

VENAS

Las venas de la extremidad inferior se organizan en dos sistemas: superficial y profundo. Ambos sistemas venosos tienen abundantes válvulas y están ampliamente comunicados.

VENAS PROFUNDAS

Las venas profundas son satélites de las arterias; en el pie y en la pierna son dobles, pero a partir de la rodilla hay un único tronco, la vena poplítea, que se continúa en el muslo con la vena femoral.

En el *pie* las venas profundas se encuentran en la región plantar. Está **el arco venoso plantar** que acompaña al arco arterial plantar; este arco recibe **las venas metatarsianas plantares** (*venas interóseas plantares*), que a su vez reciben las **venas digitales plantares**. Estas venas comunican con la **red venosa dorsal** mediante venas perforantes.

Del arco venoso plantar salen las *venas plantares externa* e *interna*, que confluyen en el canal calcáneo para formar las venas tibiales.

En la *pierna* se encuentran, por detrás, las **venas tibiales posteriores**, que reciben a las venas peroneas, y, por delante, las **venas tibiales anteriores**.

La **vena poplítea** (Fig. 17-36) se origina por la unión de las venas tibiales posteriores y anteriores. Se extiende formando parte del eje vascular del hueco poplíteo, desde el arco del sóleo al hiato del aductor. Se sitúa por detrás y por fuera de la arteria poplítea, en relación con el nervio tibial y los ganglios linfáticos poplíteos.

Sus *tributarias* son la **vena safena menor y las venas satélites de la arteria poplítea**.

La **vena femoral** acompaña a la arteria homónima en todo su trayecto (Figs. 15-107, 15-109). Se origina como continuación de la poplítea en el anillo del aductor y termina en la vena ilíaca externa en la laguna vascular. En el muslo, la vena ocupa primero el conducto de los aductores y luego el triángulo femoral.

En el conducto de los aductores la vena contornea la arteria. Primero se sitúa por detrás y por fuera, y a medida que asciende se hace posterior; cuando llega al triángulo femoral se hace medial con respecto a la arteria.

Tributarias: la **vena safena mayor** y las **venas homólogas de la arteria femoral** (venas femoral profunda pudendas externas, venas circunflejas ilíaca superficial y epigástrica superficial). Las venas circunflejas femorales mediales y laterales pueden drenar en la femoral profunda o directamente en la femoral. Las venas pudendas externas reciben las venas dorsales superficiales del pene o del clítoris y las venas escrotales o labiales anteriores.

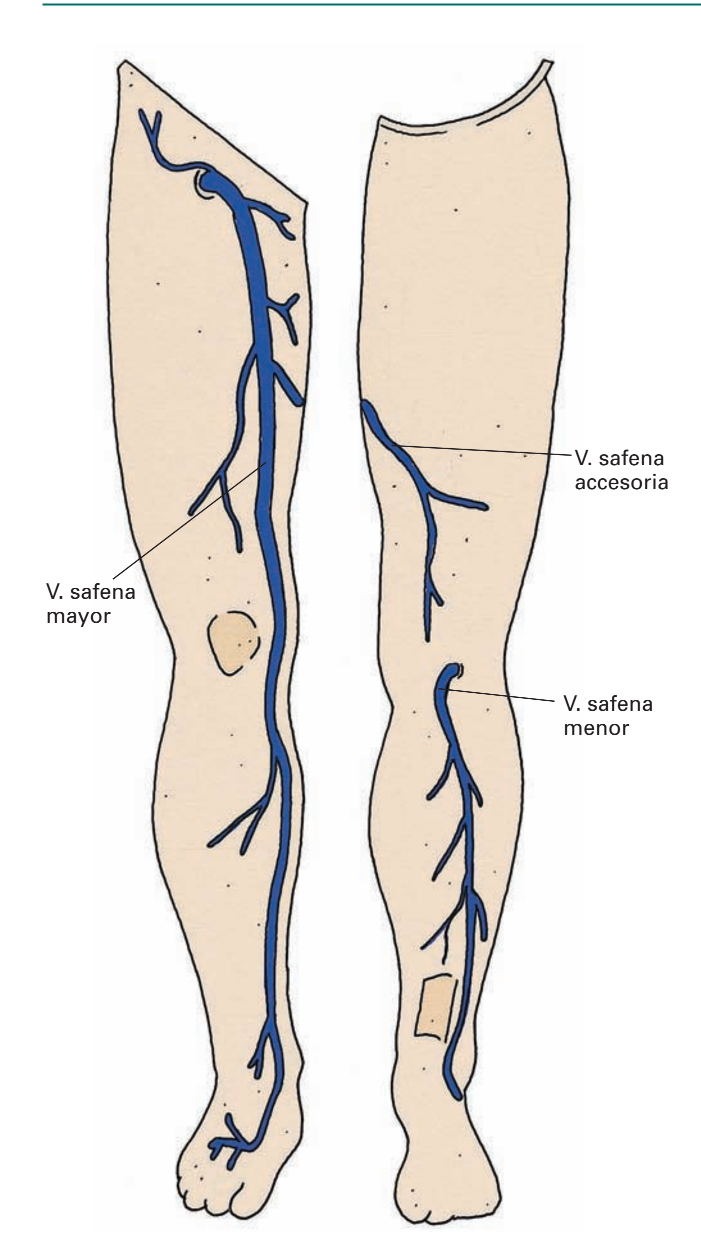


Figura 15-119. Venas safenas.

Las ramas de la femoral se anastomosan con ramas de la ilíaca interna: en torno al extremo proximal del fémur con las venas glúteas; con la vena glútea inferior mediante las venas perforantes que atraviesan los músculos aductores y la unen a la femoral profunda; con la vena pudenda interna a nivel de los genitales externos.

VENAS SUPERFICIALES (Fig. 15-119)

Las venas superficiales son tributarias de dos troncos venosos: la vena safena mayor y la vena safena menor. Se anastomosan ampliamente entre sí y con las profundas.

La **vena safena mayor** (*vena safena interna*) comienza por fusión de las redes del pie en el borde interno de éste, pasa luego por delante del maléolo tibial y asciende por la parte medial de la pierna y de la rodilla. En el muslo, la vena se va haciendo anterior progresivamente; al llegar al triángulo femoral perfora la fascia lata (**hiato safeno**) y termina en la vena femoral.

La vena está acompañada del nervio safeno (Fig. 17-31). Recibe colaterales que engruesan la vena a lo largo de su trayecto. Lo más frecuente es que reciba las venas pudendas y la epigástrica superficial.

> En circunstancias en que no es posible encontrar una vía intravenosa más habitual y que no suponga mayor riesgo, la vena safena mayor se puede canular fácilmente por delante del maléolo tibial. Basta una pequeña incisión cutánea horizontal por delante del maléolo para descubrir la vena y poder introducir en ella un catéter con suero o medicamentos.
>
> Este punto se empleaba antiguamente para practicar las «sangrías terapéuticas».

La **vena safena accesoria** es un vaso que se forma en la cara posterior del muslo, contornea su cara interna y se une a la safena mayor a una altura variable. Con frecuencia se anastomosa con la safena menor mediante un ramo vertical de disposición muy variable.

La **vena safena menor** (*vena safena externa*) comienza en el borde externo del pie por confluencia de las redes venosas, pasa por detrás del maléolo peroneo y sube por fuera del tendón del tríceps siguiendo la parte media de la cara posterior de la pierna, llega al hueco poplíteo, se hace profunda perforando la fascia y desemboca finalmente en la vena poplítea.

> Las venas safenas y las venas profundas de la extremidad inferior son el lugar preferente de formación de **varices** (dilataciones segmentarias de las venas provocadas por insuficiencia de las válvulas venosas). Las varices de las safenas y de sus venas tributarias se observan claramente bajo la piel de la extremidad inferior, especialmente en las piernas. Las varices profundas pueden ocasionar síndromes complejos por compresión de tendones o de nervios. En todo caso, las varices provocan una insuficiencia vascular de la extremidad, que se caracteriza por pesadez en las piernas y edema.

DRENAJE LINFÁTICO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

La linfa de la extremidad inferior circula por *vasos superficiales* y *profundos.* Los vasos superficiales son subcutáneos y siguen trayectos ascendentes que, preferentemente, acompañan a las venas safenas. Los vasos profundos discu-

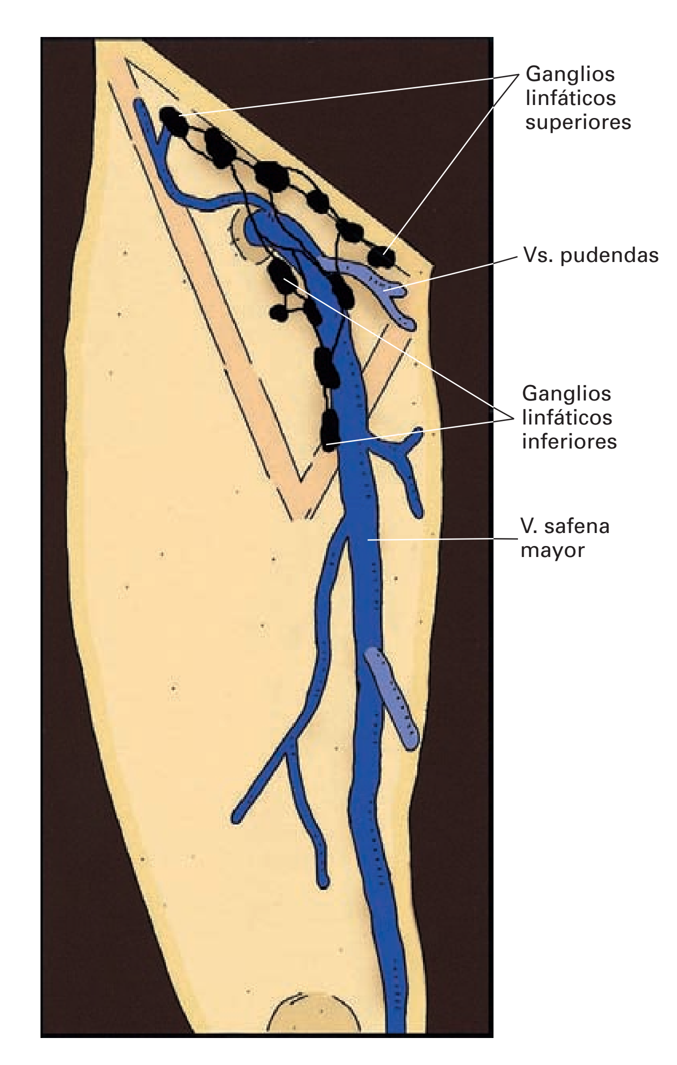


Figura 15-120. Ganglios linfáticos inguinales superficiales.

rren junto con los paquetes vasculares de la extremidad.

Toda la linfa es drenada hacia los ganglios linfáticos inguinales, los cuales la conducen hacia los ganglios linfáticos ilíacos, de donde circula hacia los ganglios linfáticos lumbares del abdomen.

Ganglios linfáticos inguinales (Fig. 15-120)

Constituyen un grupo numeroso de ganglios, algunos voluminosos, que se disponen a nivel del triángulo femoral. Hay ganglios superficiales y profundos.

Los **ganglios inguinales superficiales** se localizan en el tejido subcutáneo, superficialmente a la fascia lata. Su número es muy variable, generalmente entre 10 y 15. Se organizan formando un grupo superior y otro inferior. **Los ganglios linfáticos superiores** se disponen paralelos al ligamento inguinal, distalmente a éste. Los **ganglios linfáticos inferiores** se agrupan alrededor de la vena safena mayor.

Los **ganglios linfáticos profundos** son dos o tres ganglios dispuestos medialmente a la vena femoral. Es bastante constante la presencia de un **ganglio linfático proximal** (*ganglio de Rosenmüller*) en el conducto femoral.

> El ganglio proximal puede confundirse con una hernia crural, por lo que el cirujano debe aprender a reconocerlo adecuadamente por palpación.

Los ganglios inguinales reciben linfa de la extremidad inferior, la región glútea, la porción infraumbilical de la pared abdominal, los genitales externos, el ano y la porción del conducto anal que queda por debajo de la línea pectínea.

> El drenaje linfático del ano y de los genitales externos en los ganglios inguinales tiene gran relevancia en la práctica clínica. Inflamaciones y tumores de estas zonas suelen producir *adenopatías* (dolorosas o no) de estos ganglios.

Otros ganglios

Los **ganglios linfáticos poplíteos** acompañan a la arteria y vena poplítea, inmersos en la grasa dispuesta por detrás de la articulación de la rodilla. Su número varía de tres a seis.

Constituyen una estación linfática primaria para parte de la pierna y el pie.

Intercalado en el trayecto de las arterias de la pierna puede haber algún ganglio linfático profundo (**ganglios linfáticos tibial anterior, tibial posterior** y **peroneo**).

SECCIÓN XI

SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

CAPÍTULO 16

Sistema nervioso periférico

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso es un sistema de comunicación rápido mediante señales de naturaleza fisicoquímica. Establece comunicación, por una parte, con los miles de millones de células del propio organismo con el fin de integrar y controlar su actividad, y, por otra, con el medio en el que vive. Con este medio, el sistema nervioso intercambia información, recibiendo señales y ejerciendo acciones que se expresan en conductas. Mediante este sistema de comunicación rápido y preciso, el organismo se adapta al medio.

Producto de la evolución, el sistema nervioso humano expresa un abanico de conductas adaptativas que van desde los actos reflejos más simples a las actividades mentales superiores, tales como la capacidad de elaborar y manipular símbolos, hablar y poseer consciencia de sí mismo.

Desde un punto de vista anatómico, el sistema nervioso consta de una parte central (el **sistema nervioso central** [**SNC**]) y una periférica (**sistema nervioso periférico** [**SNP**]).

El **sistema nervioso central** está encerrado en el conducto vertebral y en el cráneo, y está formado por una masa nerviosa en la que se distinguen dos partes, **la médula espinal** y el **encéfalo**. La médula ocupa el conducto vertebral y el encéfalo, el cráneo. Tanto la médula espinal como el encéfalo están protegidos por unas cubiertas, las **meninges**, y por el **líquido cefalorraquídeo**. En el interior de la masa nerviosa hay una cavidad continua, resto de la luz del tubo neural embrionario. Esta cavidad es estrecha en la médula (**conducto ependimario**) pero se expande en el encéfalo para constituir las **cavidades ventriculares**. El líquido cefalorraquídeo baña por dentro y por fuera el sistema nervioso ocupando tanto las cavidades como los espacios meníngeos.

El **sistema nervioso periférico** es la prolongación del órgano central hacia las estructuras periféricas del organismo. Está constituido por los **nervios**. Esta parte del sistema nervioso es la que se considera en este libro.

Aunque el estudio de la anatomía del Sistema nervioso central se realiza en el **Tomo II** de esta obra, es necesario realizar aquí algunas breves consideraciones fundamentales.

PARTES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (Fig. 16-1)

La **médula espinal** es una estructura alargada y cilíndrica que ocupa el conducto vertebral desde el agujero magno hasta la altura de la segunda vértebra lumbar.

A partir del agujero magno, la médula se continúa con el **encéfalo**. Éste consta de tres partes: tronco del encéfalo, cerebro y cerebelo.

El **tronco del encéfalo** es la continuación directa de la médula espinal en el interior del cráneo. Se apoya, por delante, sobre el canal basilar. Consta de tres porciones superpuestas: el **bulbo raquídeo (médula oblongada**), el **puente** o **protuberancia** y el **mesencéfalo**. A nivel del



Figura 16-1. (A) RM sagital de la cabeza mostrando las partes fundamentales del sistema nervioso central. 1) Cerebro. 2) Cuerpo calloso. 3) Diencéfalo. 4) Mesencéfalo. 5) Puente. 6) Bulbo raquídeo (médula oblongada). 7) Cerebelo. 8) Médula espinal.

bulbo y del puente se encuentra la cavidad romboidal del **cuarto ventrículo**. En el mesencéfalo, la cavidad se estrecha para formar el **acueducto del cerebro** (*acueducto de Silvio*). La parte voluminosa del mesencéfalo que queda por delante del acueducto cerebral corresponde a los **pedúnculos cerebrales**, uno derecho y otro izquierdo; la zona que queda por detrás es la **lámina del techo** (*lámina cuadrigémina*).

Detrás del bulbo y del puente, cerrando el cuarto ventrículo, se encuentra el **cerebelo**. Ocupa la fosa craneal posterior, apoyado sobre las fosas cerebelosas del occipital y separado del cerebro por un tabique meníngeo denominado tienda del cerebelo.

El **cerebro** está en continuidad con los pedúnculos cerebrales que penetran en su profundidad. Está formado por el diencéfalo y los hemisferios cerebrales.

Los **hemisferios cerebrales**, derecho e izquierdo, constituyen la parte más voluminosa del encéfalo y ocupan gran parte del contenido de la cavidad craneal. Ambos hemisferios están separados parcialmente por la **cisura longitudinal del cerebro**, una división incompleta ya que en el fondo de la cisura ambos hemisferios están unidos por un grueso puente de fibras nerviosas denominado **cuerpo calloso**.

La superficie de los hemisferios cerebrales está enormemente plegada por los profundos surcos y cisuras que la recorren. Las **cisuras** dividen los hemisferios en **lóbulos** y los **surcos** dividen los lóbulos en **circunvoluciones** o **giros**. En cada hemisferio cerebral hay seis lóbulos: **frontal, parietal, temporal, occipital, límbico,** y **de la ínsula**.

Las cavidades que hay dentro de los hemisferios son los ventrículos laterales.

El **diencéfalo** se encuentra en la profundidad del cerebro, aprisionado entre los dos hemisferios cerebrales y a continuación de los pedúnculos cerebrales. Está constituido por un conjunto de masas nerviosas que rodean una cavidad media, estrecha, el **tercer ventrículo**. Las partes del diencéfalo son el **tálamo,** el **hipotálamo,** el **epitálamo** y el **subtálamo**. El hipotálamo está en continuidad con la hipófisis.

ESTRUCTURA

La estructura fundamental del sistema nervioso es el **tejido nervioso**; además, está formado por una pequeña cantidad de tejido conectivo y vasos sanguíneos. No hay vasos linfáticos en el sistema nervioso central. El tejido nervioso



Figura 16-1. (B) Corte mediosagital de la cabeza. 1) Cerebro. 2) Cuerpo calloso. 3) Diencéfalo. 4) Mesencéfalo. 5) Puente. 6) Bulbo raquídeo (médula oblongada). 7) Cerebelo. 8) Médula espinal.

consta de dos tipos de células, las **neuronas** y las **células de la glía**.

La **neurona** es la unidad estructural y funcional del sistema nervioso. Son células sumamente diferenciadas especializadas en la producción y transmisión de impulsos nerviosos. Producen impulsos como reacción a modificaciones físicas y químicas que suceden en su medio, y conducen esos impulsos hacia otras neuronas u otras células fuera del sistema nervioso (*efectores*).

Algunas neuronas se comportan como microglándulas capaces de segregar hormonas o diversos factores que regulan la actividad del sistema nervioso.

Cada neurona está formada por un cuerpo o soma y dos clases de prolongaciones, las dendritas y el axón. El **cuerpo celular** contiene el núcleo, el cual, en la célula diferenciada, no experimenta mitosis. El cuerpo es la fábrica de la célula donde se sintetizan las proteínas que permiten su funcionamiento.

Las **dendritas** son prolongaciones gruesas, muy ramificadas y generalmente cortas. Junto con la membrana del cuerpo celular constituyen la superficie receptora de estímulos procedentes de otras neuronas.

El **axón** o **cilindroeje** es una fina y única prolongación especializada en conducir el impulso nervioso hacia otras neuronas o hacia las células efectoras. Los axones pueden dar colaterales. El extremo del axón forma el **botón sináptico**, el cual establece el contacto con otra célula. La longitud de los axones es muy variable; algunos axones del sistema nervioso periférico pueden alcanzar 1 m de longitud.

Los axones pueden estar envueltos por una sustancia lipoproteica denominada **mielina** (**fibras mielínicas**); aquellos que carecen de ella son **fibras amielínicas**. La mielina de los axones se produce en células especiales que envuelven el axón. En el sistema nervioso central estas células son los oligodendrocitos (un tipo de célula glial) y en los nervios, las células de Schwann.

Una de las formas de clasificar las neuronas es conforme a su función. Existen tres tipos principales: sensitivas, motoras e interneuronas.

Las **neuronas sensitivas** conducen impulsos nerviosos desde la periferia del organismo al sistema nervioso central. En unos casos, sus dendritas están asociadas a células especializadas denominadas receptores; en otros casos, los extremos de las dendritas se comportan como receptores especializados.

Las **neuronas motoras** llevan impulsos desde el sistema nervioso central a los efectores periféricos (músculos y glándulas).

Las **interneuronas**, denominadas también neuronas **asociativas**, conducen impulsos entre distintas partes de la médula o del encéfalo, estableciendo conexiones entre diferentes poblaciones neuronales.

Las **células de la glía (neuroglía)** llenan los espacios entre las neuronas, las aíslan, protegen y comparten con ellas actividades metabólicas. Constituyen más de la mitad del volumen del sistema nervioso central. La neuroglía comprende distintos tipos celulares: **astrocitos**, **oligodendrocitos**, **microglía** y **células ependimarias** (que tapizan las cavidades del interior del sistema nervioso).

En contra de la opinión ortodoxa mantenida durante casi un siglo, recientemente se ha observado en el sistema nervioso de numerosos mamíferos la existencia de **células madre** en la proximidad del epéndimo que reviste las cavidades ventriculares. Estas células son capaces de formar neuronas y neuroglía.

ORGANIZACIÓN NEURONAL

Las neuronas se organizan en *poblaciones específicas* que se asocian con otras para formar complejas *redes* o *circuitos neuronales*. La asociación entre neuronas se hace mediante las sinapsis.

La **sinapsis** es el punto de contacto entre dos neuronas, o entre una neurona motora y la célula efectora, y, en con-

secuencia, es el punto donde se pasa la información codificada en impulsos nerviosos. Toda sinapsis consta de tres partes: vertiente presináptica, vertiente posináptica y hendidura sináptica.

La **vertiente presináptica** es el botón terminal del axón, en el que se encuentran pequeños saquitos membranosos (**vesículas sinápticas**) donde se localiza el neurotransmisor.

La **vertiente posináptica** es la zona de membrana de la célula receptora asociada al botón terminal.

Las neuronas no están anatómicamente en contacto a nivel de las sinapsis, sino que entre ambas vertientes sinápticas hay una hendidura muy estrecha (**hendidura sináptica**), únicamente visible con el microscopio electrónico.

El paso de información de una neurona a otra sucede por la liberación a la hendidura sináptica de moléculas que actúan como señal (**neurotransmisores**), los cuales son específicamente reconocidos por moléculas receptoras de la vertiente posináptica. En la actualidad, se conocen más de cincuenta sustancias neurotransmisoras.

SUSTANCIA GRIS Y SUSTANCIA BLANCA

En las secciones macroscópicas del sistema nervioso central se aprecia que hay zonas de coloración grisácea (**sustancia gris**) y otras de color blanco (**sustancia blanca**). La sustancia gris está formada por cuerpos celulares y dendritas, así como por axones que transitan entre neuronas. La sustancia blanca está constituida por axones mielinizados, los cuales se organizan, generalmente, en haces de fibras (**tractos nerviosos**).

En la sustancia gris, las neuronas se agrupan de dos formas, **formando núcleos neuronales** o formaciones estratificadas denominadas **corteza**. Hay una corteza cerebral en la superficie de los hemisferios cerebrales y una corteza cerebelosa en la superficie del cerebelo.

ORGANIZACIÓN GENERAL DEL SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

El **sistema nervioso periférico** es la parte del sistema nervioso que une el sistema nervioso central con los órganos periféricos. A través de él, el encéfalo y la médula espinal envían órdenes motoras para actuar y reciben toda la información sensorial del organismo.

Suelen distinguirse dos partes: el sistema nervioso somático y el sistema nervioso vegetativo.

El **sistema nervioso somático** o **de la vida de relación** establece la conexión entre el sistema nervioso central y la piel, las mucosas y los componentes del aparato locomotor. Gracias a este sistema, el órgano central envía impulsos motores a los músculos estriados y recoge sensibilidad de la piel, de los revestimientos mucosos y de la propia actividad del aparato locomotor (grado de tensión de los músculos o articulaciones).

El **sistema nervioso vegetativo** une el sistema nervioso central con las estructuras corporales de actividad involuntaria: corazón, musculatura lisa de los vasos y de las vísceras, y glándulas de todo el organismo.

> Debe tenerse presente que, si bien esta distinción entre los dos sistemas es útil y tiene bases anatómicas y fisiológicas claras, ambos sistemas interactúan mutuamente formando parte de la acción integral del sistema nervioso. La **patología psicosomática** tiene su fundamento en esta interrelación: trastornos o disfunciones en los órganos internos son, en ocasiones, expresión de la inadaptación de nuestro sistema nervioso de relación al ambiente.

El sistema nervioso periférico está constituido por **nervios** y **ganglios**. Los nervios son cordones formados por agrupaciones de axones, fuera del sistema nervioso central, envueltos en tejido conectivo. Los ganglios son agrupaciones de neuronas situadas en el trayecto de los nervios y pueden ser sensitivos o vegetativos.

Los nervios pueden ser **espinales, craneales** y **vegetativos**.

Los **nervios espinales** son aquellos que nacen de la médula espinal. Los **nervios craneales** son los que nacen del tronco del encéfalo. Los **nervios vegetativos** están formados por axones que pueden llegar a su destino, de forma independiente y generalmente difusa, o bien incorporarse a los nervios espinales y craneales.

De acuerdo con ello, la mejor división del sistema nervioso periférico es considerar tres grandes partes: los nervios espinales, los nervios craneales y el sistema nervioso vegetativo.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS NERVIOS

Analizaremos la estructura de los nervios y los diversos tipos de fibras nerviosas que los componen.

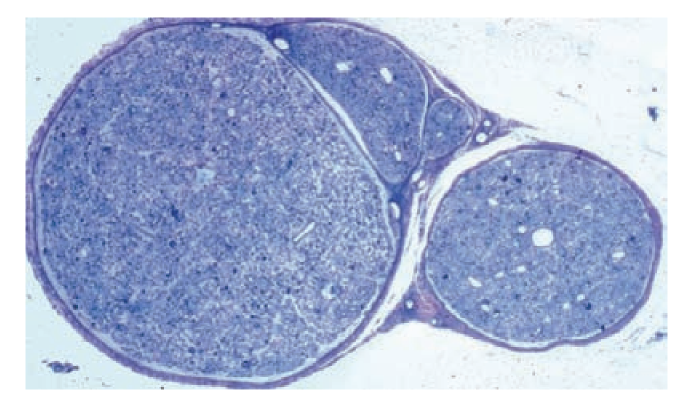


Figura 16-2. Microfotografía mostrando varios fascículos de un nervio separados por el tejido conectivo del perineuro. Corte semifino. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

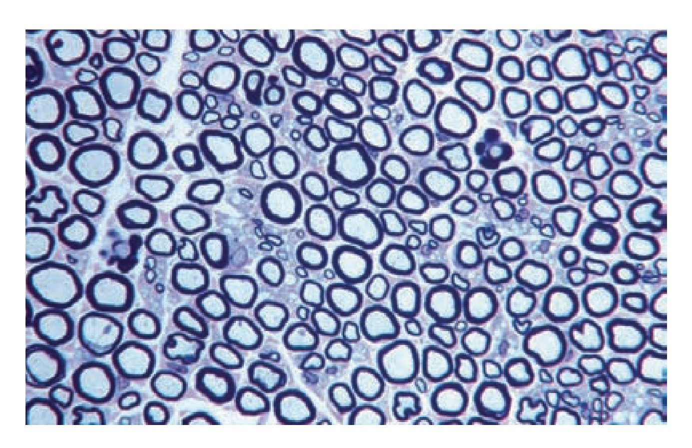


Figura 16-3. Axones de un nervio periférico rodeados de su vaina de mielina. Corte semifino. (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

ESTRUCTURA DEL NERVIO

La sección transversal de un nervio periférico muestra que está constituido por fibras nerviosas protegidas por abundante tejido conectivo (Figs. 16-2 y 16-3).

El tejido conectivo se organiza en epineuro, perineuro y endoneuro. El **epineuro** es la envoltura superficial que rodea el nervio. En el interior del nervio, las fibras se agrupan en fascículos, los cuales están separados unos de otros por la envoltura del **perineuro**. Dentro de cada fascículo, a su vez, las fibras se aíslan mediante el **endoneuro**. Toda la trama conectiva está en continuidad. El tejido conectivo del endoneuro contiene una fina trama de colágeno dispuesto longitudinalmente rodeando la membrana basal de las células de Schwann (véase más adelante).

Las células conectivas del perineuro se agrupan en capas concéntricas para formar la *vaina perineural*, un dispositivo que representa un medio de aislamiento para mejorar la conducción de los impulsos nerviosos en los axones.

En el epineuro y el perineuro hay vasos sanguíneos (**vasa nervorum**) que aseguran la nutrición del nervio.

Vasa nervorum. Las arterias de los nervios proceden de las arterias próximas. Cuando una arteria alcanza el epineuro, se divide en un ramo proximal y otro distal que discurren paralelamente al trayecto del nervio y se anastomosan con las arterias vecinas formando cadenas longitudinales. De estas cadenas parten arteriolas que se distribuyen por el perineuro y se transforman en redes capilares endoneurales. Las venas drenan en los troncos venosos vecinos.

Los vasos de los nervios reciben fibras nerviosas vegetativas (**nervi nervorum**).

Las arterias de los nervios, debido a sus anastomosis, constituyen una posible vía de circulación colateral en caso de obstrucciones del riego arterial, principalmente en las extremidades. Además, esta disposición de los vasos permite al cirujano aislar los troncos nerviosos de un campo quirúrgico para evitar su lesión aunque se requiera la ligadura de arterias vecinas.

Cada fibra nerviosa periférica consta de un axón rodeado de una **vaina neural**. Esta vaina está formada por las **células de Schwann**. Cada célula de Schwann rodea varios axones y lo puede hacer en una longitud de cientos de micras. La célula de Schwann puede desarrollar una capa de **mielina** alrededor de los axones periféricos (Figs. 16-2, 16-4). La mielina es un compuesto lipoproteico organizado anatómicamente por la superposición de láminas espiroideas alrededor del axón. Dichas láminas son el resultado de un complejo proceso de enrollamiento de la membrana celular de la célula de Schwann. Las fibras que contienen mielina se denominan **mielínicas** y las que carecen de ella, **amielínicas**.

En las fibras mielínicas, la mielina de la célula de Schwann se organiza en segmentos a lo largo del axón (**segmentos de mielina**). Entre dos segmentos se encuentra el **espacio** o **nodo de Ranvier**, el cual señala la discontinuidad entre dos células de Schwann. Estos espacios son fundamentales para la transmisión saltatoria del impulso nervioso y, a su nivel, se emiten las colaterales axónicas.

Mielinización de los nervios: las células de Schwann derivan de la cresta neural del embrión. Comienzan a producir mielina hacia el cuarto mes de desarrollo fetal y lo siguen haciendo, de forma importante, durante el primer año de vida posnatal. La mielinización de las fibras es un proceso esencial de maduración del sistema nervioso.

Regeneración de los nervios. Las fibras nerviosas seccionadas son capaces de regenerarse utilizando

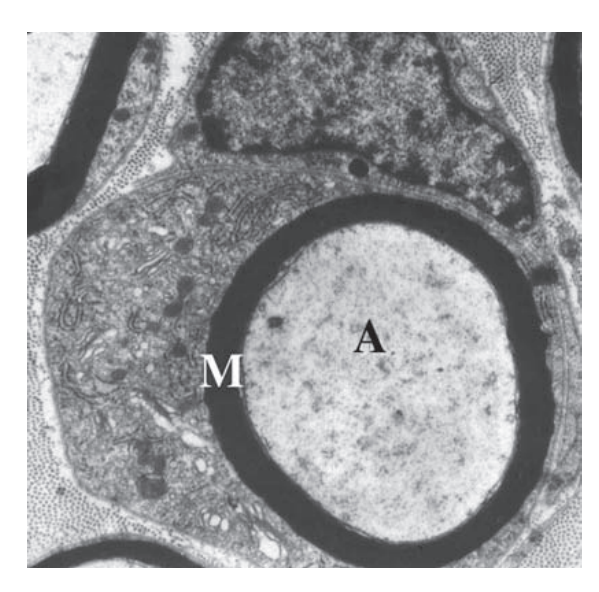


Figura 16-4. Microfotografía electrónica de un axón (A) rodeado por una célula de Schwann y su vaina de mielina (M). (Cortesía de los Drs. Lafarga y Berciano.)

como guía la membrana basal de las células de Schwann y el tejido conectivo del endoneuro (túnel endoneural). Cuando una fibra nerviosa periférica se secciona, el extremo distal degenera (*degeneración walleriana*) y es reemplazado por brotes que emergen desde el extremo proximal. Este proceso requiere, por un lado, que el cuerpo neuronal active el proceso metabólico que permite el crecimiento axónico y, por otro, que las células de Schwann proliferen siguiendo los tubos endoneurales y formen un túnel que guíe el avance del axón. Por ello, la continuidad anatómica de los extremos seccionados de un nervio es fundamental para la regeneración. En muchas ocasiones, es imprescindible la sutura quirúrgica (**neurorrafia**) entre los extremos del nervio o, incluso, la realización de **injertos** que reemplacen segmentos destruidos de un nervio. A este fin, suelen emplearse nervios sensitivos de las extremidades. Se calcula que la velocidad de regeneración del extremo proximal de un axón es de 1.5 mm/día.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS FIBRAS

Las fibras que discurren por los nervios pueden ser eferentes y aferentes. **Las fibras eferentes** llevan impulsos desde el sistema nervioso central a los órganos; las **fibras aferentes** conducen impulsos hacia el sistema nervioso central.

Fibras eferentes

Las fibras eferentes pueden ser somáticas y viscerales.

a) **Fibras eferentes somáticas (fibras estriomotoras)**: son los axones de neuronas cuyos cuerpos forman los núcleos motores de la médula espinal (en el caso de los nervios espinales) o del tronco del encéfalo (en el caso de los nervios craneales) y terminan en los músculos estriados. Pueden ser *extrafusales*, las que terminan en la fibra muscular extrafusal, o *intrafusales*, aquellas que terminan en los husos neuromusculares. Las fibras extrafusales son los axones de *motoneuronas alfa* y las intrafusales, los axones de *motoneuronas gamma*.

Las fibras estriomotoras se ramifican al llegar a los músculos, y estas ramificaciones establecen sinapsis con las fibras musculares mediante estructuras especializadas denominadas **placas motoras**. Cada fibra motora inerva varias fibras musculares. El conjunto formado por una fibra estriomotora y las fibras musculares en las que termina constituye la **unidad motora**.

El número de fibras musculares inervadas por un axón varía entre unas unidades y unos cientos. En los músculos de gran precisión (músculos cortos de la mano o músculos extrínsecos del ojo) la unidad motora es pequeña; por el contrario, en los músculos posturales del tronco, las unidades motoras son muy amplias.

Los impulsos nerviosos que viajan por el axón provocan la liberación de **acetilcolina** en la placa motora, la cual es responsable de producir, uniéndose a moléculas receptoras de la superficie sináptica muscular, la contracción de las fibras.

Miastenia grave. Es una enfermedad crónica autoinmunitaria que afecta a la placa motora. Se caracteriza por debilidad y fatiga muscular. Suele comenzar en los músculos oculares, de la faringe y respiratorios, es decir, en músculos de una actividad muy continuada. El paciente produce anticuerpos contra las proteínas de los receptores musculares a la acetilcolina, disminuyendo o evitando su acción.

La acción tóxica de muchos *gases nerviosos* empleados en la guerra química consiste en que prolongan la acción de la acetilcolina en la placa motora al inhibir la enzima *colinesterasa*, que rompe el neurotransmisor. El sujeto experimenta violentas contracciones musculares que llegan a provocar su asfixia.

El *curare* es un veneno con el que los indios sudamericanos emponzoñaban las puntas de las flechas. Provoca la muerte por asfixia al relajar y paralizar la musculatura respiratoria. Su efecto se debe a que bloquea la placa motora e interfiere en la neurotransmisión.

b) **Fibras eferentes viscerales o vegetativas** (para más detalles véase Sistema nervioso vegetativo). Estas fibras tienen una singularidad; en su trayecto desde el sistema nervioso central a las estructuras de destino participan dos neuronas. La *primera neurona* tiene su cuerpo en los núcleos vegetativos de la médula o del tronco del encéfalo; la *segunda neurona* tiene su soma en los ganglios vegetativos. La fibra de la primera neurona se llama **preganglionar**, y, la de la segunda, **posganglionar**. En el ganglio vegetativo se efectúa la sinapsis entre las dos.

Las fibras vegetativas pueden ser:

Fibras lisomotoras: las que terminan en la musculatura lisa de las vísceras y de los músculos erectores de los pelos.

Fibras vasomotoras: las que acaban en la musculatura lisa de los vasos sanguíneos.

Fibras secretoras: aquellas que terminan sobre las células de las glándulas asociadas a las vísceras (macroglándulas y microglándulas) y de las glándulas sudoríparas.

Fibras aferentes

Estas fibras recogen información sensitiva de todo el organismo.

Son axones de neuronas sensitivas primarias ubicadas en los **ganglios sensitivos**. Estos ganglios se sitúan en la raíz posterior de los nervios espinales o en la proximidad del origen de los nervios craneales. Las neuronas de los ganglios son *células unipolares*, es decir, que emiten un axón que, a poco de su origen y dentro del ganglio, se bifurca en una prolongación central y otra periférica. La

prolongación periférica se dirige a los receptores distribuidos por todo el organismo y conduce los impulsos hacia el ganglio. La **prolongación central** penetra en el sistema nervioso central (por las raíces posteriores en el caso de los nervios espinales) y acaba haciendo sinapsis en los núcleos sensitivos o receptores de la médula o del tronco del encéfalo. De estos núcleos sensitivos salen axones que alcanzan núcleos motores o vegetativos (y son la base de reflejos) o ascienden a niveles superiores del sistema nervioso central formando parte de los canales de información.

Hay dos modos de clasificarlas: según el territorio de donde proceden o según el tipo y ubicación del receptor sensorial del que recogen información.

Según su origen las fibras aferentes pueden ser: *cutáneas, mucosas, sensoriales, musculares, articulares, tendinosas, vasculares, viscerales,* etc.

Tiene más interés considerarlas según el tipo y localización de los receptores periféricos. Esta clasificación da idea, además, del tipo de sensibilidad o de información que recoge la fibra. Conforme a este criterio, las fibras aferentes pueden ser somáticas aferentes y viscerales aferentes.

a) **Fibras somáticas aferentes.** Estas fibras pueden ser, a su vez, de dos tipos: exteroceptivas y propioceptivas.

Las **fibras exteroceptivas** (proceden de **exterorreceptores**) recogen la sensibilidad de la piel y las mucosas. Es sensibilidad dolorosa, térmica, de tacto y de presión.

Las **fibras propioceptivas** (proceden de **receptores propioceptivos**) recogen la información inconsciente de huesos, articulaciones, husos neuromusculares y tendones. Dicha información es esencial para dar a conocer al sistema nervioso central el grado de actividad y la posición de nuestro aparato locomotor, y poder ajustar los mecanismos reflejos correspondientes.

b) **Fibras viscerales aferentes.** Proceden de los **interoceptores** y recogen sensibilidad de las paredes viscerales (grado de distensión, dolor), de los vasos sanguíneos y del corazón. Estas fibras viajan, en gran parte de su trayecto, con los nervios vegetativos.

Según el tipo de fibras que conducen, los nervios se clasifican en **sensitivos**, **motores**, **vegetativos** y **mixtos**. La mayoría de los nervios son mixtos.

El estudiante de medicina debe ser consciente de que el conocimiento del tipo de fibras y de los territorios de los nervios es esencial para establecer un adecuado diagnóstico neurológico. De ahí, la importancia del estudio anatómico de los nervios, sus trayectos y sus territorios de inervación.

La lesión de los distintos tipos de fibras nerviosas ocasiona diversos trastornos funcionales del nervio. La lesión de las fibras estriomotoras provoca la pérdida de la función motora (**parálisis**). Si este déficit no es total, sino solamente una disminución de la fuerza muscular, se denomina **paresia**. La lesión de las fibras aferentes sensitivas se manifiesta por tres tipos de signos: anestesia, neuralgia y parestesia. La **anestesia** es la pérdida de sensibilidad en el territorio del nervio. La **neuralgia** es el dolor provocado por la irritación de las fibras, generalmente por compresión. Las **parestesias** consisten en hormigueos o calambres en el territorio correspondiente; al igual que la neuralgia, tienen su origen en una irritación de las fibras. La afectación de las fibras vegetativas origina trastornos tróficos de la piel y de los tejidos inervados, así como alteraciones del grado de contracción de los vasos sanguíneos.

CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS POR SU GROSOR

Las fibras nerviosas se pueden clasificar según su diámetro, el cual está directamente relacionado con la velocidad de conducción del impulso nervioso[1]. Conforme a este criterio se distinguen tres tipos de fibras: A, B y C. Las fibras A y B son mielínicas y las C, amielínicas. La Tabla 22-1 resume la tipología de las fibras y sus respectivas funciones.

Las fibras A tienen un diámetro variable, entre 3 y 20 micras, y una velocidad de conducción que oscila entre 10 y 120 m/s. Se distinguen cuatro subtipos: alfa, beta, gamma y delta. Las fibras B tienen un diámetro de 1 a 3 micras y una velocidad de conducción de 5 a 15 m/s. El diámetro de las fibras C oscila entre 0.2 y 1.5 micras, con una velocidad de conducción de entre 0.5 y 2.5 m/s.

Lesiones de los nervios

Los nervios pueden verse afectados por compresiones, traumatismos, infecciones, tumores, etc. Existen tres tipos básicos de lesión nerviosa: neurapraxia, axonotmesis y neurotmesis.

La **neurapraxia** es producida por una compresión moderada de un nervio sin daño de su estructura fibrilar. Es una lesión temporal que produce pérdidas motoras y sensitivas durante algunos días.

La **axonotmesis** (del griego *tmesis* = sección) consiste en la sección de fibras nerviosas con integridad del endoneuro. La viabilidad del túnel endoneural posibilita la regeneración del axón.

La **neurotmesis** es la sección completa del nervio, con o sin conservación del epineuro. La regeneración sólo es posible si se suturan los extremos seccionados.

Electroneurografía. Es la exploración neurofisiológica de los troncos nerviosos. Consiste en provocar un estímulo en un punto de un nervio y recoger los potenciales a una cierta distancia. Esta técnica permite diagnosticar si el nervio conduce adecuadamente el impulso nervioso y establecer la posible afectación de los diferentes tipos de fibras que lo componen.

[1] Los fisiólogos Joseph Erlanger (1874-1965) y Herbert Gasser (1888-1963) identificaron el principio de la relación proporcional entre la velocidad de transmisión del impulso nervioso y el diámetro de las fibras, y establecieron la primera clasificación de las mismas. Recibieron el premio Nobel en 1944.

Tabla 16-1. Clasificación de las fibras nerviosas

Mielínicas	∅μm	Velocidad de conducción (m/s)	Función
Aα	12-20	70-120	Fibras estriomotoras extrafusales Fibras aferentes propioceptivas de los husos neuromusculares
Aβ	10-15	60-80	Fibras aferentes exteroceptivas táctiles discriminativas Fibras aferentes propioceptivas de tendones
Aγ	3-8	15-40	Fibras estriomotoras intrafusales
Aδ	3-8	10-30	Fibras aferentes esteroceptivas táctiles no discriminatorias
B	1-3	5-15	Fibras eferentes vegetativas preganglionares
Amielínicas			
C	0.2-1.5	0.5-2.5	Fibras eferentes vegetativas posganglionares Fibras aferentes de dolor y temperatura

ESTRUCTURA DE LOS GANGLIOS

Los **ganglios sensitivos** son agrupaciones de neuronas unipolares. Están rodeados de un cápsula conectiva que se continúa con el perineuro y epineuro de los nervios. La cápsula emite tabiques hacia el interior del ganglio, los cuales aíslan grupos de neuronas. Las neuronas unipolares emiten un axón que se divide en T en el interior del ganglio y da lugar a una prolongación periférica y otra central (véase más adelante). Están rodeadas por células satélites, equivalentes a las células de Schwann. Las neuronas se disponen en la periferia del ganglio y las fibras en el centro.

Los **ganglios vegetativos** son el lugar de asiento de la segunda neurona vegetativa, de tipo multipolar, y de la sinapsis con la primera neurona procedente de los núcleos vegetativos del sistema nervioso central. Los ganglios vegetativos contienen interneuronas cuyo papel funcional no es bien conocido. Se ha sugerido su implicación en funciones neuroendocrinas y quimiosensoras.

CAPÍTULO 17

Nervios espinales

INTRODUCCIÓN

Los **nervios espinales** (*nervios raquídeos*) son aquellos que nacen de la médula espinal y salen de la columna vertebral por los agujeros intervertebrales. Tienen naturaleza mixta, pues transportan fibras motoras, sensitivas y vegetativas.

Hay un total de **31 pares** de nervios desde la base del cráneo hasta el cóccix, los cuales se clasifican de la siguiente manera**: ocho cervicales, doce torácicos, cinco lumbares, cinco sacros** y **uno coccígeo.** El primer nervio cervical sale entre el occcipital y el atlas; de este modo, los nervios cervicales toman el nombre de la vértebra situada inmediatamente por debajo de la salida del nervio (p. ej., el tercer nervio cervical sale entre el axis y la tercera vértebra cervical). Constituye una excepción el octavo nervio cervical, el cual, lógicamente, emerge entre la séptima vértebra cervical y la primera dorsal o torácica.

Los nervios torácicos, lumbares, sacros y coccígeo toman el nombre de la vértebra situada inmediatamente por encima de la salida del nervio (p. ej., el segundo nervio espinal lumbar sale entre la segunda y la tercera vértebra lumbar).

NERVIO ESPINAL TIPO

Todos los nervios espinales presentan unas características semejantes, lo cual permite establecer un patrón morfológico común a todos ellos que se puede definir **como nervio espinal tipo** (Fig. 17-1).

Cada nervio espinal se origina de la médula mediante dos raíces nerviosas: **raíz ventral** (*raíz anterior* o *motora*) y **raíz dorsal** *(raíz posterior* o *sensitiva*). La **raíz ventral** emerge por el surco lateral anterior de la médula. La **raíz dorsal** está unida al surco lateral posterior; en su extremo externo tiene un ensanchamiento ovoide, el **ganglio espinal** *(ganglio raquídeo*), constituido por **neuronas sensitivas periféricas unipolares**. En las zonas de unión a la médula, las raíces tienen un aspecto «deshilachado» debido a que sus componentes fibrilares, que entran o salen de la médula, no forman un cuerpo uniforme, sino un conjunto de **filetes radiculares**.

La raíz ventral es *eferente*; quiere esto decir que contiene fibras que conducen impulsos nerviosos desde la médula a las estructuras periféricas del organismo. Las fibras eferentes son **motoras**, y, en algunos nervios, también **vegetati-**

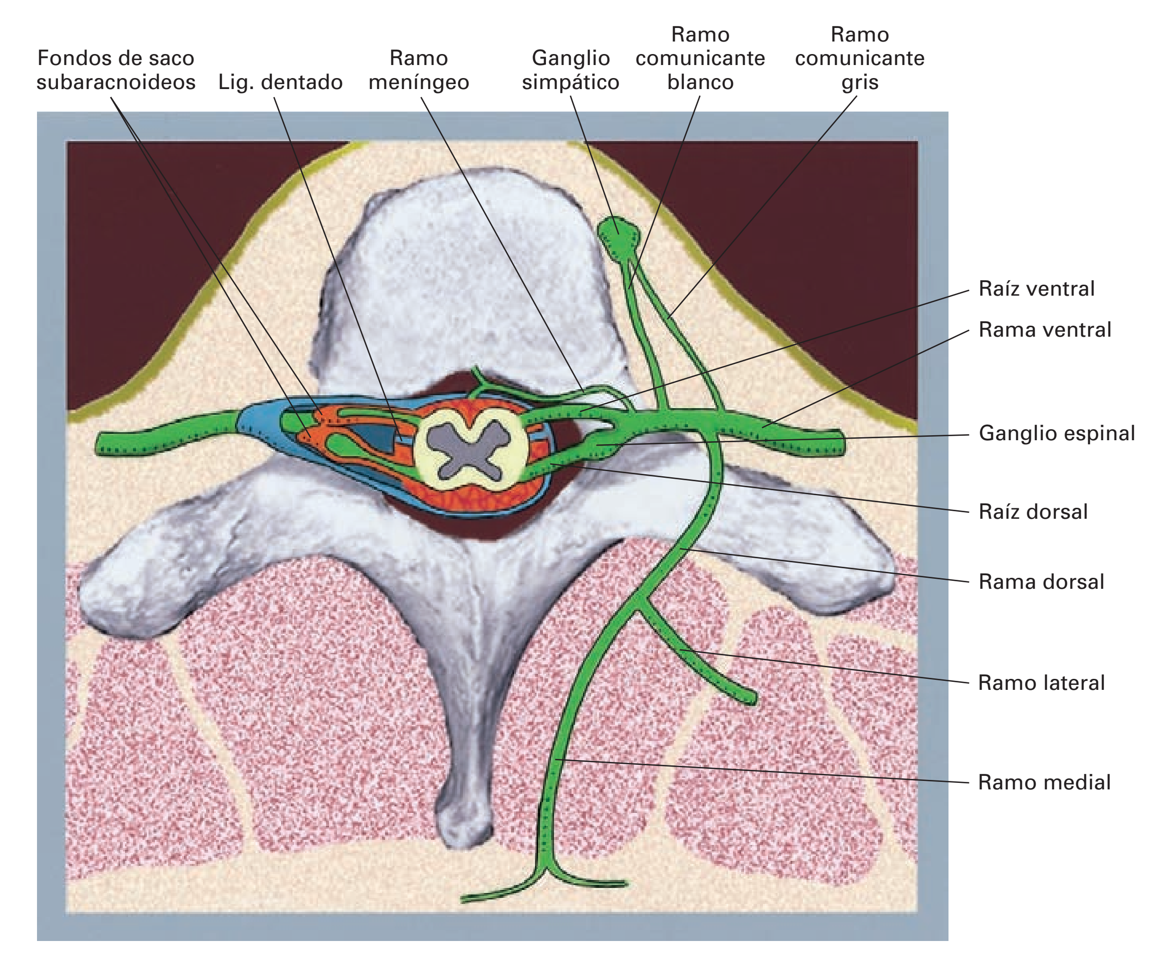


Figura 17-1. Esquema de un nervio espinal. En el lado izquierdo se han conservado los fondos de saco de duramadre y del espacio subaracnoideo que acompañan al nervio hasta su salida por el agujero intervertebral. Duramadre (azul). Espacio subaracnoideo (rojo).

vas. Las fibras motoras son los axones de neuronas situadas en el asta anterior de la médula espinal. Son de dos tipos: **fibras estriomotoras**, destinadas a los músculos esqueléticos del tronco y de las extremidades, y **fibras intrafusales**, destinadas a los husos neuromusculares para controlar la actividad o tensión muscular. Estas fibras son mielínicas; las intrafusales son más finas. Las raíces ventrales de los nervios espinales torácicos y de los dos primeros lumbares conducen, además de las mencionadas, **fibras vegetativas simpáticas preganglionares**, y las raíces ventrales de los nervios sacros segundo a cuarto llevan **fibras vegetativas parasimpáticas preganglionares** (véase Sistema nervioso vegetativo). Las fibras preganglionares simpáticas se originan en neuronas ubicadas en el asta lateral y las preganglionares parasimpáticas, en el núcleo parasimpático sacro.

La raíz dorsal conduce fibras *aferentes* que llevan información desde el organismo a la médula espinal. Estas fibras son las **prolongaciones centrales de las neuronas de los ganglios espinales**; recogen información sensorial de la piel, las mucosas, las articulaciones, etc. Pueden ser mielínicas y amielínicas. En alguna región, el ganglio espinal puede estar desdoblado; es frecuente encontrar agrupaciones aisladas de neuronas sensitivas en el trayecto de la raíz dorsal.

Por fuera del ganglio espinal, a nivel del agujero intervertebral, las dos raíces convergen para formar un **tronco común** de naturaleza mixta (motor, sensitivo y vegetativo), el nervio espinal propiamente dicho. El tronco nervioso atraviesa el agujero intervertebral y se divide inmediatamente en una **rama dorsal**, fina, y una **rama ventral**, más gruesa.

La **rama dorsal** se dirige hacia atrás entre las apófisis transversas de dos vértebras vecinas, por fuera de las apófisis articulares. Da ramas para los músculos de los canales vertebrales y de la nuca, los ligamentos y articulaciones posteriores de la columna vertebral y la piel del dorso del tronco y del cuello.

La relación con las apófisis articulares, así como la inervación de las articulaciones interapofisarias, expli-

ca que, en casos de **artrosis** (degeneración de una articulación), sobre todo en la zona cervical, se produzcan neuralgias paravertebrales que se irradian por el territorio cutáneo correspondiente al nervio, así como contracturas musculares reflejas.

La **rama ventral** se distribuye por los músculos, la piel y las articulaciones de las extremidades y de las porciones anterolaterales del tronco y del cuello. Excepto a nivel torácico, las ramas ventrales se anastomosan formando complejos **plexos nerviosos** (véase más adelante).

La rama ventral da dos tipos de *colaterales*: el **ramo meníngeo** y los **ramos comunicantes**.

El **ramo meníngeo** (*nervio senovertebral*), muy delgado, tiene un trayecto recurrente y vuelve a penetrar en el conducto raquídeo por el agujero intervertebral, pasando por delante del nervio espinal. Inerva las meninges raquídeas, los vasos sanguíneos intravertebrales, los anillos fibrosos de los discos intervertebrales, las vértebras, los ligamentos amarillos y el ligamento longitudinal posterior. Lleva fibras sensitivas y vegetativas.

Los **ramos comunicantes** unen el nervio con la cadena simpática laterovertebral. Son de dos tipos: *a*) los **ramos comunicantes grises**, amielínicos, van del ganglio simpático a la rama ventral y se encuentran a todos los niveles; *b*) los **ramos comunicantes blancos**, mielínicos, unen la rama ventral con la cadena simpática; se encuentran únicamente a nivel de los nervios torácicos y los dos primeros lumbares. Los ramos comunicantes grises están formados por fibras simpáticas posganglionares y los ramos comunicantes blancos lo están por fibras simpáticas preganglionares (para detalles, véase Sistema nervioso vegetativo).

Comportamiento del nervio espinal con las meninges del conducto vertebral

Las raíces

Dado que la médula espinal de la persona adulta termina a la altura de la segunda vértebra lumbar, las raíces de los nervios espinales se van haciendo progresivamente oblicuas hacia abajo y hacia fuera, al tiempo que más largas, para buscar el agujero intervertebral correspondiente. De este modo, los primeros nervios espinales son preferentemente horizontales, pero las raíces lumbares, sacras y coccígea son verticales y descienden por el conducto vertebral a los lados del extremo caudal de la médula y por debajo de ella rodeando al *filum terminale*, constituyendo la denominada **cola de caballo** (Fig. 17-2). Las últimas raíces llegan a medir hasta 25 cm.

Las raíces ventrales y dorsales se encuentran en el espacio subaracnoideo del conducto vertebral. Cada raíz está envuelta por un manguito independiente de leptomeninge (Fig. 17-1). El manguito tiene forma de fondo de saco y está comprendido entre la piamadre y la aracnoides; estos fondos de saco son más extensos en las raíces posteriores, donde envuelven al ganglio espinal. Entre las raíces dorsales y ventrales se dispone el ligamento dentado. Cada raíz atraviesa la duramadre por un orificio independiente; luego, al fusionarse en el agujero intervertebral, la duramadre forma un corto manguito alrededor del nervio y se acaba fusionando con el epineuro.

Ganglio espinal y tronco nervioso

En el agujero intervertebral, el nervio y el ganglio espinal están acompañados de la correspondiente arteria espinal, así como de las venas intervertebrales que ponen en comunicación los plexos venosos vertebrales interno y externo. El ramo meníngeo es anterior al nervio.

En este trayecto el nervio puede ser comprimido por la presencia de una **hernia discal** provocando dolor irradiado al territorio sensitivo del nervio (dermatoma) y trastornos motores para los músculos del miotomo correspondiente (los conceptos de dermatoma y miotomo se explican más adelante).

Comportamiento de las ramas dorsales y ventrales de los nervios espinales

Las **ramas dorsales** de los nervios espinales permanecen independientes.

Las **ramas ventrales** sólo son independientes a nivel de los nervios torácicos, donde constituyen los **nervios intercostales**. En sentido estricto, únicamente los nervios torácicos 2.º a 11.º no contribuyen a formar **plexos nerviosos**. En el resto de los niveles, las ramas ventrales se unen entre sí y forman los **plexos cervical, braquial, lumbar, sacro, pudendo y coccígeo**. La formación de estos plexos sigue un patrón bastante uniforme, si bien existen algunas variaciones.

El **plexo cervical** se forma por la fusión de las ramas ventrales de los cuatro primeros nervios cervicales.

El **plexo braquial** es el resultado de la unión de los cuatro últimos nervios cervicales y del primero torácico.

El **plexo lumbar** se constituye por la unión de los cuatro primeros nervios lumbares y el último torácico.

El **plexo sacro** se forma por la fusión de los dos últimos nervios lumbares con los tres primeros sacros.

El **plexo pudendo** resulta de la unión del cuarto nervio sacro con ramas procedentes de los nervios sacros segundo y tercero.

El **plexo coccígeo** se forma por el nervio coccígeo y dos ramos de los nervios sacros cuarto y quinto.

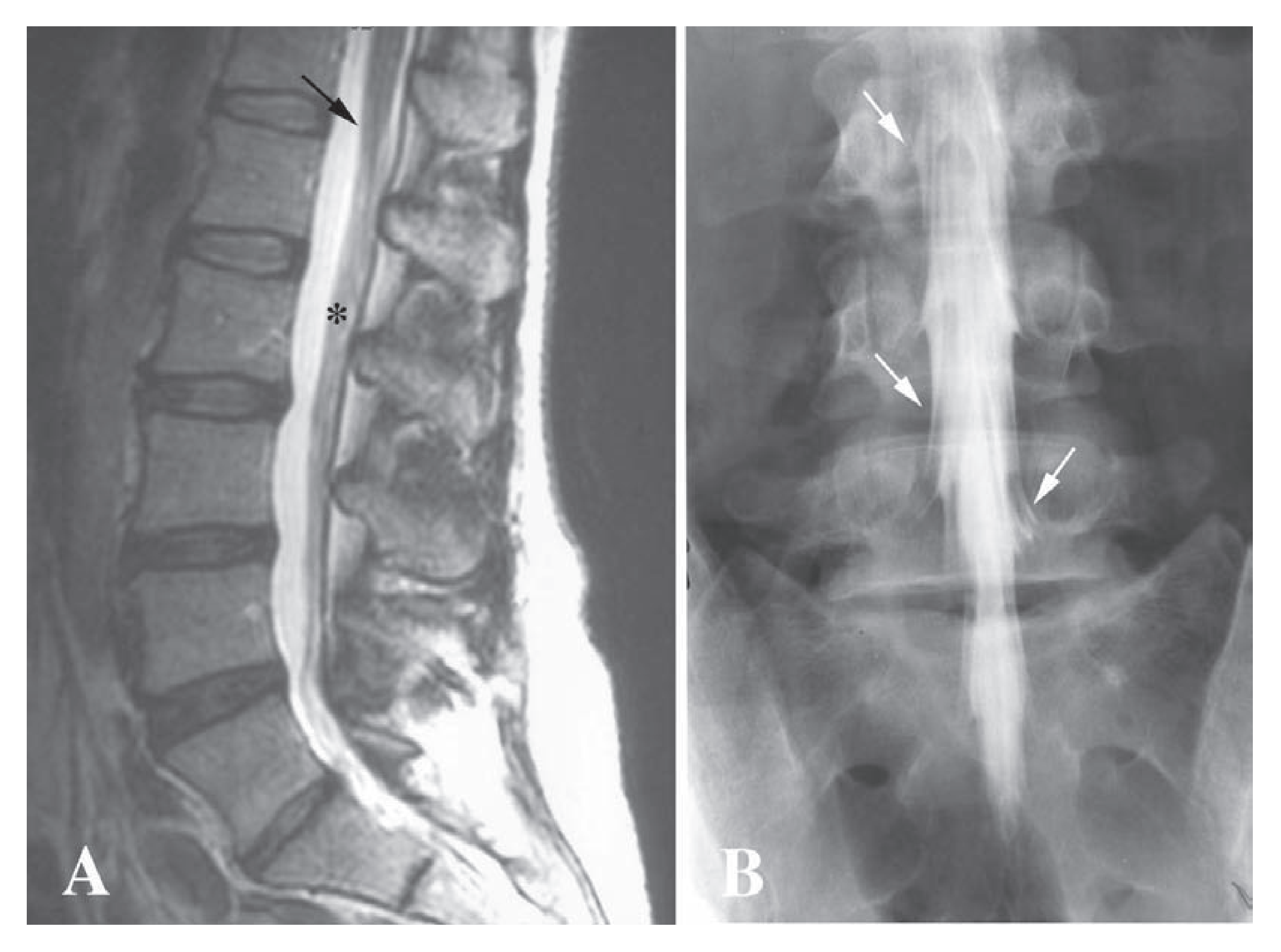


Figura 17-2. (A) RM sagital de la columna lumbar mostrando las raíces nerviosas de la cola de caballo (*) en el interior de la cisterna lumbar. Cono terminal (flecha). (B) Mielografía tras inyección de un medio de contraste en la cisterna lumbar. Las raíces verticales de los nervios espinales son claramente observables entre el medio de contraste. Las flechas señalan la emergencia de las raíces de distintos nervios espinales hacia los agujeros intervertebrales.

Concepto de dermatoma y de miotomo

Los territorios cutáneos y musculares de cada nervio espinal están bien determinados. El desarrollo embrionario explica cómo cada nervio está genéticamente destinado a inervar unos múculos concretos y específicos, así como una zona cutánea.

El estudiante de medicina debe conocer que en la exploración del sistema nervioso es básico el conocimiento de estos territorios para poder localizar una lesión.

Dermatoma

Se denomina **dermatoma** al territorio cutáneo inervado por la raíz posterior de un nervio raquídeo. Hay tantos dermatomas como segmentos medulares. Los dermatomas se superponen y son variables en extensión; la superposición significa que un territorio dado está inervado por el nervio espinal correspondiente y los dos vecinos. Por eso, para conseguir anestesiar un dermatoma deben ser anestesiadas tres raíces nerviosas.

En el tronco, los dermatomas adoptan la disposición de bandas horizontales y en las extremidades, de bandas verticales que siguen el eje del miembro (Figs. 17-3 y 17-4).

El dermatoma debe diferenciarse del territorio cutáneo dependiente de un nervio periférico (**territorio troncular**). En el caso de los nervios intercostales, los dermatomas coinciden con los territorios tronculares, ya que los nervios no se mezclan. En el resto de los nervios espinales, como éstos se fusionan formando plexos de los que parten nervios periféricos en los que se mezclan algunas fibras de diferentes nervios, los territorios tronculares forman mosaicos cutáneos que no tienen nada que ver con los dermatomas.

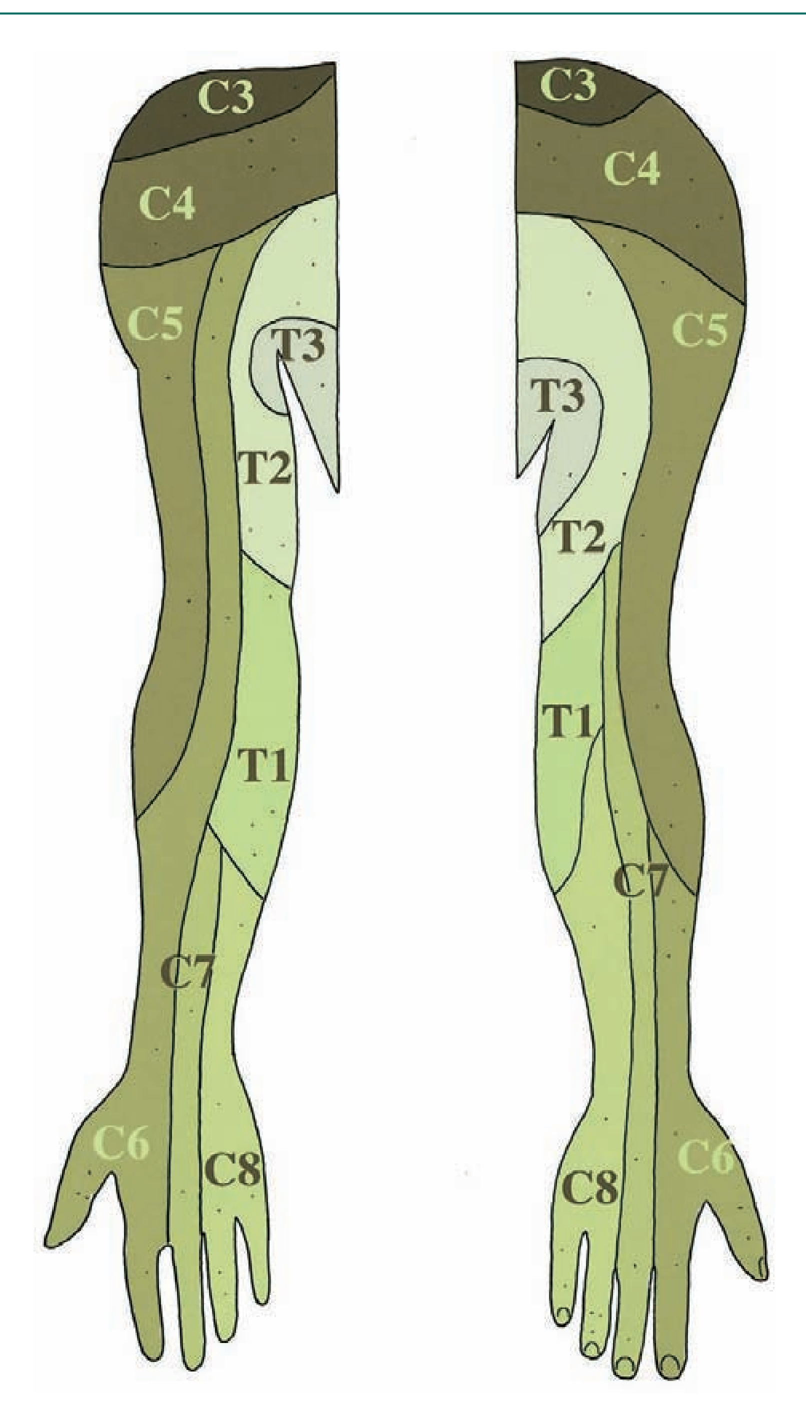


Figura 17-3. Dermatomas de la extremidad superior derecha.

Miotomo

Miotomo es el grupo de músculos inervados por las fibras motoras de la raíz anterior de un nervio espinal.

> La sección, traumática o por compresión, de una raíz anterior provoca la **parálisis** de los músculos del miotoma correspondiente. Conociendo el déficit motor provocado por los músculos afectados, el médico puede determinar qué raíz está afectada.

RAMAS DORSALES DE LOS NERVIOS ESPINALES

Las ramas dorsales de los nervios espinales presentan grandes variaciones individuales. En general, cada rama dorsal se divide en un **ramo medial** y otro **lateral**, los cuales, indistintamente, según la región, transportan fibras motoras, sensitivas o ambas. En el espesor de los músculos posteriores del tronco y del cuello presentan numerosas anastomosis.

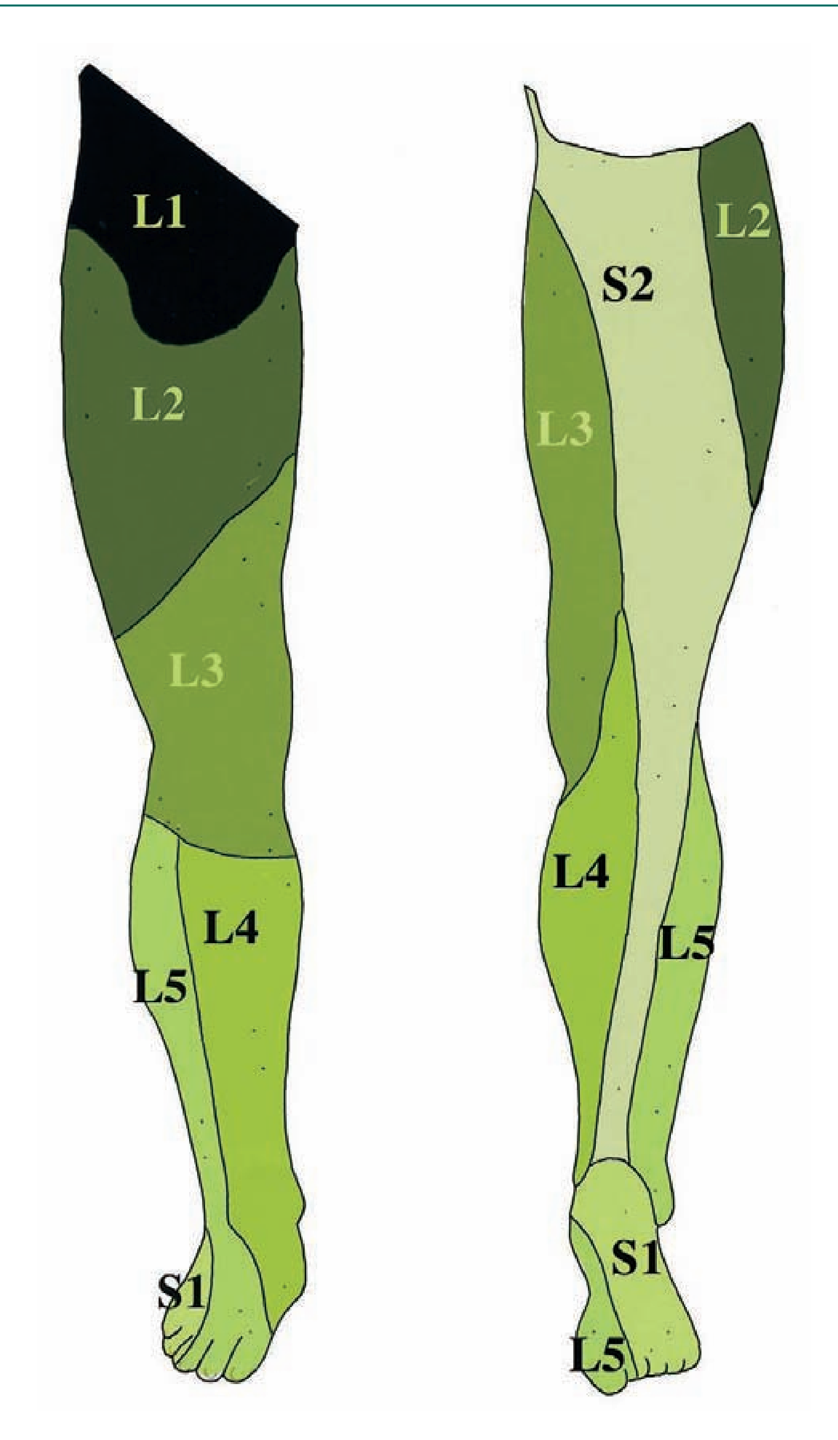


Figura 17-4. Dermatomas de la extremidad inferior derecha.

RAMAS DORSALES CERVICALES

Están destinadas a los músculos y la piel de la nuca.

Algunas de las ramas posteriores tienen algunas características peculiares.

La **rama dorsal del 1.er nervio cervical (nervio suboccipital)** aparece en el triángulo suboccipital, en la profundidad de la región nucal. Es exclusivamente motor y da ramos a los músculos cortos de la articulación craneovertebral (**rectos posteriores mayor y menor de la cabeza, oblicuos superior e inferior de la cabeza) y al semiespinoso de la cabeza.**

La **rama dorsal del 2.º nervio cervical (nervio occipital mayor**, *nervio de Arnold*)[1], es una rama gruesa que penetra en la nuca bajo el músculo oblicuo inferior de la

[1] Friedrich Arnold (1803-1890), anatomista alemán.

cabeza. Inerva los músculos **semiespinoso de la cabeza, esplenio de la cabeza, longísimo de la cabeza,** y **oblicuo inferior**. Se hace ascendente, perfora la inserción nucal del trapecio y aparece a los lados de la protuberancia occipital externa dando ramos para la parte posterior del cuero cabelludo hasta el vértex. Se anastomosa con el plexo cervical y con la rama oftálmica al V par.

> Si se presiona por fuera de la protuberancia occipital externa se puede palpar el nervio y provocar dolor en su territorio sensorial.
>
> La **neuralgia del nervio de Arnold**, provocada por compresiones óseas o articulares a nivel del atlas o del axis, o por contracturas de los músculos nucales, se caracteriza por un dolor que se irradia a la nuca. Puede tratarse con infiltraciones anestésicas del nervio por fuera de la protuberancia occipital externa; a este nivel se pueden practicar secciones del nervio.

Las **ramas posteriores de los nervios cervicales tercero a octavo** dan ramos mediales y laterales; inervan los músculos **complexos, esplenio y transverso espinoso**. El ramo medial perfora el trapecio y se distribuye por la piel de la nuca cerca de la línea media.

La **rama posterior del tercer nervio cervical (tercer nervio occipital)** asciende hacia el cráneo, perfora la inserción del trapecio por dentro del nervio occcipital mayor y se distribuye por la parte posterior del cuero cabelludo cerca de la línea media.

Las ramas 5.ª a 7.ª pueden no dar ramos cutáneos, lo cual provoca a nivel de los hombros un hiato en la distribución metamérica de los territorios cutáneos de inervación.

RAMAS DORSALES DE LOS NERVIOS TORÁCICOS

Las ramas dorsales de los nervios torácicos inervan los **músculos de los canales vertebrales** y la piel del dorso desde la fosa supraespinosa hasta la región glútea. Pasan por fuera de las apófisis articulares y se dividen en un ramo medial y otro lateral (Fig. 17-1).

Los **ramos mediales** inervan los músculos más internos de los canales vertebrales. Los ramos mediales de los seis primeros nervios torácicos atraviesan el trapecio y dan ramos cutáneos en la proximidad de las apófisis espinosas; los de los seis últimos, generalmente, son sólo motores.

Los **ramos laterales** inervan los músculos más externos de los canales vertebrales, principalmente el dorsal largo y el iliocostal. Los ramos laterales de los seis primeros son, preferentemente, motores; los de los seis últimos nervios torácicos atraviesan la fascia toracolumbar y descienden oblicuamente durante un cierto trayecto hasta alcanzar la piel del dorso.

El trayecto oblicuo de las ramas dorsales es progresivo en sentido craneocaudal, razón por la cual el último nervio torácico alcanza la piel en la proximidad de la cresta ilíaca.

RAMAS DORSALES DE LOS NERVIOS LUMBARES

Las ramas dorsales de los nervios lumbares dan un **ramo medial** para **la musculatura de los canales vertebrales** y un **ramo lateral** de carácter motor y sensitivo; las fibras motoras inervan también los músculos de los canales vertebrales y las fibras sensitivas perforan la fascia toracolumbar y se distribuyen por la parte superior de la región glútea hasta el trocánter mayor (**nervios cutáneos superiores de la nalga**). Los dos últimos nervios lumbares no dan ramos cutáneos. El 5.º nervio lumbar inerva también la articulación sacrolumbar.

RAMAS DORSALES DE LOS NERVIOS SACROS

Estas ramas salen por los agujeros sacros posteriores y dan **ramos mediales** motores para la **masa común** de los canales vertebrales y **ramas laterales** que perforan el ligamento sacrotuberoso y el músculo glúteo mayor para terminar distribuyéndose en bandas concéntricas por la piel medial de la región glútea (**nervios cutáneos mediales de la nalga**).

RAMA DORSAL DEL NERVIO COCCÍGEO

Esta rama, muy fina, sale entre el sacro y el cóccix, perfora el ligamento sacrotuberoso e inerva la piel de la región coccígea.

PLEXO CERVICAL

El **plexo cervical** se forma por las ramas ventrales de los cuatro primeros nervios cervicales. Está destinado a inervar la piel y la musculatura del cuello, y, por una rama larga, de gran importancia, el nervio frénico, el músculo diafragma y parte de las serosas corporales.

Formación

El primer nervio cervical sale entre el atlas y el occipital por el mismo punto por el que penetra la arteria vertebral. Los otros tres nervios salen por el agujero intervertebral correspondiente. Los dos primeros nervios cervicales son más delgados que los dos últimos.

Los nervios se anastomosan entre sí formando tres asas nerviosas: *asa del atlas*, *asa del axis* y *tercer asa*. El cuarto nervio cervical da una anastomosis a C5 mediante la cual contribuye a formar el plexo braquial.

Ramos comunicantes

Cada nervio cervical recibe un **ramo comunicante gris** procedente del ganglio cervical superior y de la cadena simpática. Por estos ramos se incorporan al plexo fibras simpáticas posganglionares destinadas a los vasos del territorio de distribución del mismo.

Situación

Antes de formar las asas, los nervios cervicales se disponen por detrás de los vasos vertebrales, entre los músculos intertransversarios. El primer nervio cervical discurre en compañía de la arteria vertebral, sobre el arco posterior del atlas.

Las asas del plexo se disponen por delante de las apófisis transversas cervicales, entre los músculos prevertebrales por dentro y el elevador de la escápula y el escaleno medio por fuera. El paquete vasculonervioso del cuello se sitúa por delante del plexo, y más superficialmente, el músculo esternocleidomastoideo.

Distribución

El plexo da tres tipos de ramas: motoras, sensitivas y un nervio mixto (nervio frénico).

Ramas motoras

Las ramas motoras son nervios profundos destinados a los músculos del cuello. Se pueden distinguir ramas anteriores, laterales y mediales.

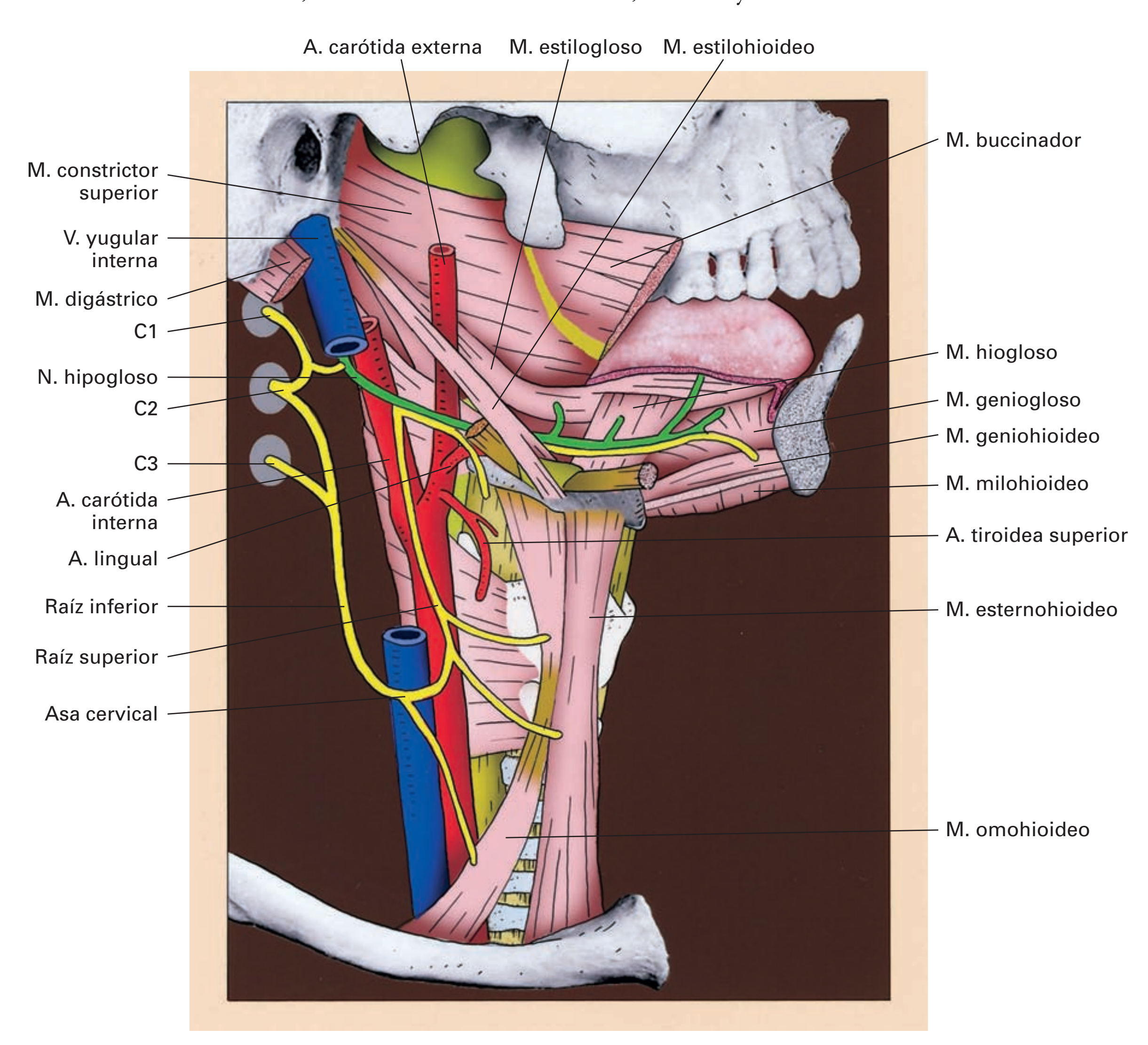


Figura 17-5. Nervio hipogloso (verde) y asa cervical (amarillo). Parte de las fibras de la raíz superior del asa cervical se incorporan al nervio hipogloso para llegar a su destino.

Las *ramas anteriores* están destinadas a los **músculos intertransversarios cervicales** de los espacios correspondientes.

Las *ramas laterales* van a músculos que tienen una inervación doble, bien por el nervio accesorio o bien por el plexo braquial. Estos músculos son el **esternocleidomastoideo**, el **trapecio**, el **elevador de la escápula** y el **escaleno medio**.

El *nervio del esternocleidomastoideo* penetra en el músculo por su cara profunda, debajo de la entrada del nervio accesorio.

El *nervio del trapecio* se dirige oblicuamente hacia fuera y hacia abajo, por el triángulo omotrapecial de la región lateral del cuello. Se le encuentra por debajo del accesorio y de los ganglios linfáticos que lo acompañan. Aborda el trapecio cerca de su inserción en la clavícula.

El papel funcional de estos nervios es controvertido. Parecen tener un papel motor secundario, ya que estos músculos reciben su inervación principal por el nervio accesorio. Probablemente, recogen la sensibilidad propioceptiva; no obstante, la porción inferior del trapecio sí recibe fibras de naturaleza motora.

Los músculos elevador de la escápula y escaleno medio reciben, también, fibras del plexo braquial.

Los *ramos mediales*, muy cortos, están destinados a los **músculos prevertebrales**: recto lateral de la cabeza, recto anterior de la cabeza, largo de la cabeza y largo del cuello.

Los *ramos descendentes* forman el **asa cervical**, destinada a la musculatura infrahioidea y algunos músculos suprahioideos.

El **asa cervical** (Fig. 17-5) se constituye por dos raíces, superior e inferior. La **raíz superior** se origina en el asa del atlas y bajo la base del cráneo se incorpora al nervio hipogloso; parte de las fibras siguen el trayecto del nervio y alcanzan los **músculos tirohioideo** y **geniohioideo**; la otra parte de las fibras se desprenden del nervio hipogloso (*nervio descendente*) cuando éste cruza la carótida externa y desciende por delante del paquete vasculonervioso del cuello hasta el cruce del tendón del omohiodeo, donde se anastomosa con la raíz inferior.

La **raíz inferior** se origina, la mayor parte de las veces, en C2 y C3. Se dirige hacia abajo y hacia delante, y alcanza el paquete vasculonervioso del cuello, penetra en la vaina vascular y desciende por fuera de la vena yugular interna hasta que se anastomosa con la raíz superior. Del asa parten ramitos nerviosos para los **músculos omohioideo**, **esternotirohioideo** y **esternotiroideo**.

Ramas sensitivas (Fig. 17-6)

Las ramas sensitivas son ramos superficiales cutáneos. Emergen del plexo por el borde posterior del esternocleidomastoideo, un poco por encima de su parte media (*punto nervioso*), en el límite, pues, del triángulo lateral del

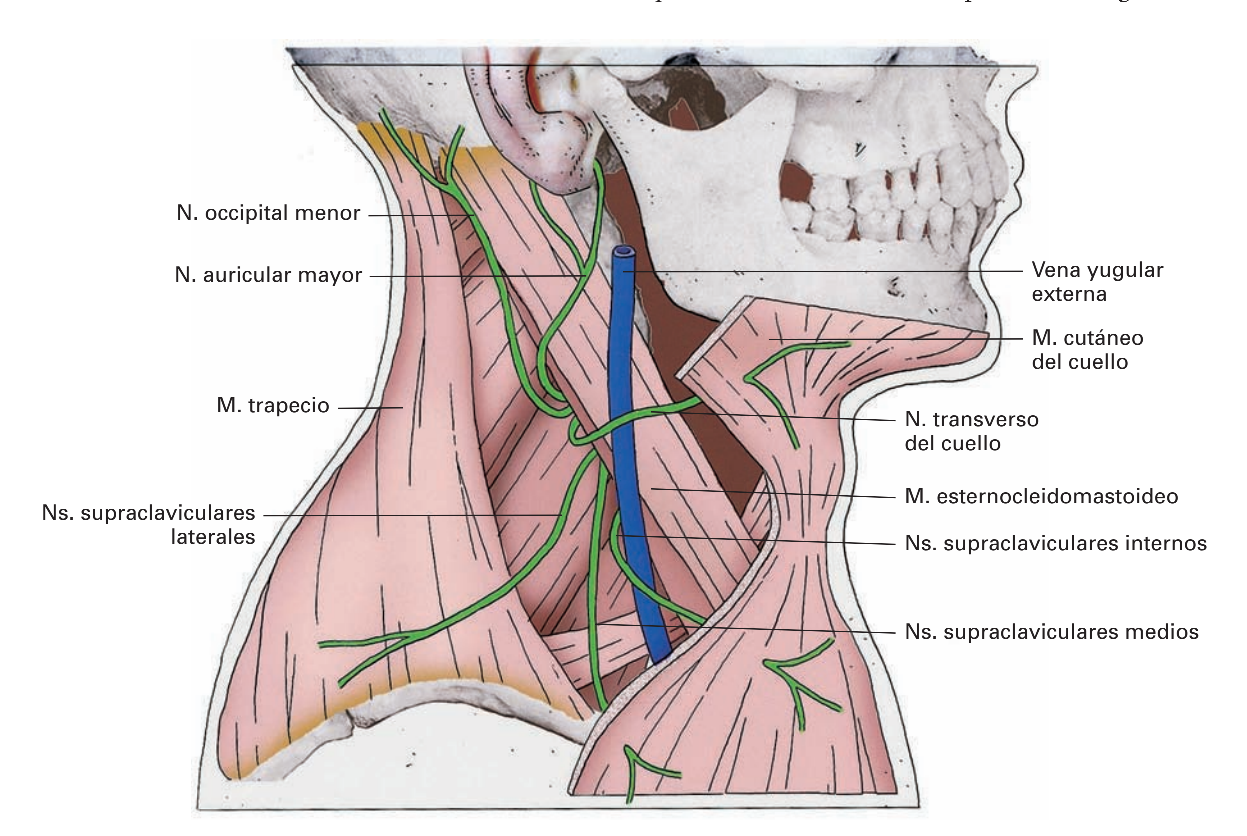


Figura 17-6. Plexo cervical. Ramas superficiales.

cuello. A partir del punto nervioso las ramas divergen por el cuello y se clasifican en ascendentes, transversa y descendentes.

> En la zona del «punto nervioso» se realizan infiltraciones anestésicas con el fin de insensibilizar el territorio cutáneo del plexo. El área anestesiada comprende la mitad del cuello, el ángulo de la mandíbula y parte del pabellón auricular.

Ramas ascendentes: nervio occipital menor y nervio auricular mayor.

El **nervio occipital menor** asciende siguiendo el borde posterior del esternocleidomastoideo, cubierto por la hoja superficial de la fascia cervical; en la parte alta del triángulo lateral del cuello perfora la fascia y se divide en ramas para la piel de la región mastoidea y el cuero cabelludo de la región occipital. Se anastomosa con el nervio occipital mayor.

El **nervio auricular mayor** aparece en el punto nervioso por debajo del occipital menor; asciende en dirección al pabellón auricular sobre la cara externa del esternocleidomastoideo, en un desdoblamiento de la fascia de envoltura y por detrás de la vena yugular externa. A nivel del ángulo de la mandíbula perfora la fascia y se divide en un ramo posterior y otro anterior. El **ramo posterior** se distribuye por la cara interna del pabellón auricular y la piel de la mastoides; el **ramo anterior** perfora el lóbulo de la oreja entre la cola del hélix y el antitrago, y se distribuye por la cara externa del pabellón y la piel que cubre la parótida y el ángulo mandibular.

El **nervio transverso del cuello** es una rama voluminosa que se dirige hacia delante sobre la cara externa del esternocleidomastoideo, en un desdoblamiento de la fascia, y cubierto por el cutáneo del cuello. Cruza casi perpendicularmente a la vena yugular externa. Al llegar al borde anterior del esternocleidomastoideo perfora la fascia y el cutáneo del cuello y se ramifica en ramos superiores para la piel de la región suprahioidea y ramos descendentes para la piel de la región infrahioidea. La rama superior se anastomosa con el ramo cervical del facial y transporta fibras motoras de éste para el cutáneo del cuello.

Ramos descendentes: son los **nervios supraclaviculares**. Descienden por la mitad inferior del triángulo lateral del cuello en dirección a la piel del hombro y de la unión cervicotorácica. Están cubiertos por la fascia cervical superficial y el cutáneo del cuello. Cerca de su terminación perforan estas estructuras para hacerse cutáneos. Se distinguen nervios supraclaviculares internos, medios y laterales. Los **nervios supraclaviculares internos** cruzan, por fuera, la porción terminal de la yugular externa y, luego, las inserciones del esternocleidomastodoideo, y terminan ramificándose por la piel de la base del cuello, la región supraesternal y la parte alta del esternón. Los **nervios supraclaviculares medios** se distribuyen por la piel de la fosa supraclavicular y la parte alta de la región pectoral. Los **nervios supraclaviculares laterales** cruzan la parte inferior del trapecio y se distribuyen por la piel del hombro, desde el borde posterior del deltoides al ángulo del acromion. Los nervios supraclaviculares dan finos ramos a las articulaciones esternoclavicular y acromioclavicular.

Se describe un *ramo sensitivo meníngeo*. Este nervio, muy fino, se origina en C1, se une transitoriamente al hipogloso, luego se separa de él y penetra en el cráneo independientemente por el canal del hipogloso, distribuyéndose por la duramadre de la fosa craneal posterior.

Orígenes de los nervios

Ramo del recto lateral de la cabeza: C1 o asa del atlas.
Ramo del recto anterior de la cabeza: C1 o asa del atlas.
Ramo del largo de la cabeza: C1 a C3.
Ramos del largo del cuello: C2 a C4.
Ramo del esternocleidomastoideo: asa del axis.
Ramo del trapecio: C3 y C4.
Ramo del elevador de la escápula: C3 y C4.
Ramo del escaleno medio: C3 y C4.
Asa cervical (músculos infrahioideos y geniohioideo): C1 a C3.
Nervio occipital menor: asa del axis o C3.
Nervio auricular mayor: asa del axis o C3.
Nervio transverso del cuello: C3.
Nervios supraclaviculares: C4.

Anastomosis

Además de uniones anteriormente mencionadas (como la del hipogloso), existen anastomosis con el facial, el vago y el nervio occipital mayor.

El nervio occipital menor se une en el cuero cabelludo con el occipital mayor; el nervio auricular mayor se une, dentro de la parótida, con el facial y, a nivel del pabellón auricular, con la rama auricular del vago y el nervio auricular posterior del facial; el nervio transverso del cuello se une a la rama cervical del facial.

Nervio frénico (Figs. 15-33, 15-51, 15-64)

Es un nervio sensitivo y motor cuya finalidad fundamental es inervar el diafragma.

Origen: se forma por la unión de una raíz principal procedente de C4 y por una o dos raíces accesorias que se desprenden de C3 y C5. Las raíces convergen caudalmente y se fusionan sobre el borde externo del escaleno anterior.

Trayecto: el nervio desciende por el cuello y por el tórax. En el cuello ocupa la parte profunda de la región lateral (supraclavicular), alcanza la base del cuello y, pasando entre los vasos subclavios, penetra en el tórax por la unión cervicotorácica descendiendo por los mediastino superior y medio; finalmente alcanza el diafragma, donde da sus ramas terminales.

El frénico derecho es casi vertical, rectilíneo; el izquierdo es más largo, más anterior y curvado en razón de la mayor prominencia del pericardio.

Se distinguen tres segmentos: cervical, de la base del cuello y torácico.

Segmento cervical (Fig. 15-64)

El frénico desciende por delante del escaleno anterior tapado por la aponencias cervical profunda. Se sitúa pues, en la parte más profunda de la región lateral del cuello, en el hiato preescalénico, zona de comunicación entre la región lateral y la región esternocleidomastoidea. Cruza oblicuamente al músculo, de modo que a la entrada del tórax se coloca sobre su borde interno.

El nervio se relaciona por detrás, a través del escaleno anterior, con el plexo braquial; por dentro, con la arteria cervical ascendente; y por fuera con el nervio del subclavio.

Por delante, que es la vía quirúrgica de acceso al nervio, se disponen dos planos musculares, uno profundo y otro superficial. El plano profundo está formado por el tendón intermedio del omohioideo, del cual pende la fascia pretraqueal. El cruce del omohioideo permite distinguir dos segmentos cervicales del frénico: uno en el triángulo omotrapecial y otro, inferior, en el triángulo omoclavicular; en este último, el frénico está tapado por la fascia pretraqueal y cruzado perpendicularmente por las arterias cervical transversa del cuello y supraescapular. El plano superficial lo forma el músculo esternocleidomastoideo envuelto en su fascia.

El intersticio entre las dos cabezas de origen del músculo queda algo medial con respecto al nervio, es un punto doloroso en las neuralgias del frénico y una vía posible para infiltrarlo con anestesia.

La vía quirúrgica para llegar al frénico es el triángulo omoclavicular. Se practica una incisión horizontal por detrás del esternocleidomastoideo y paralela a la clavícula. Una indicación de la posición del nervio la da la proyección del nervio en la superficie, la línea de Zeki-Zeren.

Línea de Zeki-Zeren: es una línea oblicua trazada, con la cabeza extendida y rotada hacia el lado contrario, desde la unión del cuarto medial de la clavícula con sus tres cuartos laterales al punto medio de una vertical que une el ángulo de la mandíbula con el punto medio de la clavícula (Fig. 17-7).

Segmento de la base del cuello (Fig. 15-51)

En esta región de tránsito el nervio pasa al tórax entre los vasos subclavios. El nervio tiene por delante a la vena subclavia y por detrás a la porción preescalénica de la arteria; (se ha señalado recientemente que ambos frénicos cruzan la subclavia de forma simétrica por delante de la porción escalénica). Tras cruzar los vasos subclavios, el nervio desciende por la vertiente anterior de la cúpula pleural inclinándose hacia la línea media. Establece, entonces, una importante relación con la arteria torácica interna: el nervio, situado primero por fuera de la arteria, la cruza por delante para luego situarse por dentro y penetrar en el mediastino superior. Por dentro del nervio se encuentra el nervio vago, que en el lado derecho, cruza por delante de la subclavia y emite, bajo ella, el recurrente y, en el lado izquierdo, desciende entre la carótida común izquierda y la subclavia. Entre el vago y el frénico se dispone el asa subclavia.



Figura 17-7. Proyección del nervio frénico en el cuello (línea roja). Para detalles véase texto.

Finalmente, el frénico izquierdo tiene por dentro y por delante al cayado del conducto torácico, que va a buscar el confluente venoso.

Segmento torácico (Figs. 9-36, 9-37, 15-33)

El frénico desciende en el tórax por las partes laterales de los mediastinos superior y medio, junto a la pleura mediastínica, en compañía de la arteria pericardicofrénica.

En el mediastino superior, los frénicos descienden por detrás del timo o sus vestigios; el frénico derecho se dispone por fuera del tronco venoso braquiocefálico y de la cava superior. El frénico izquierdo desciende por delante de la porción intratorácica de la subclavia, por detrás del tronco venoso braquiocefálico izquierdo; luego, cruza por fuera el cayado de la aorta, por delante del vago.

Los frénicos pasan por delante de los pedículos pulmonares al mediastino medio, colocándose entre el pericardio y la pleura mediastínica, a la que suele estar unido por tractos fibrosos. Finalmente, los frénicos alcanzan el diafragma. El derecho lo hace por fuera de la vena cava inferior, el izquierdo, lo hace en posición algo más anterior, por detrás de la punta cardíaca.

Territorio de distribución

Motor. En un 75 % de los casos, los frénicos penetran en el espesor del **diafragma** dividiéndose en tres ramas (anterior, lateral y posterior) que se irradian hacia la periferia del músculo. Esta distribución permite señalar líneas de incisión quirúrgica del diafragma que respeten los troncos nerviosos. La rama posterior se divide en los **ramos frenicoabdominales** que se distribuyen por la zona de los pilares y del hiato esofágico.

Cada frénico inerva un hemidiafragma.

Sensitivo. A lo largo de su trayecto torácico el frénico da ramitas para la cúpula pleural, la pleura mediastínica y la pleura diafragmática.

Hay un ramo pericárdico para la parte anterior del pericardio fibroso.

El frénico izquierdo da un ramo para el timo que se distribuye por la cápsula.

En el espesor del diafragma nacen ramas para el peritoneo diafragmático y el peritoneo hepático y de la vesícula biliar. La inervación del peritoneo hepático y biliar tiene lugar, problablemente, por fibras que unen los ramos frenicoabdominales del frénico derecho con el plexo celíaco y se incorporan al trayecto de la arteria frénica inferior y al plexo hepático.

Lesiones

La **parálisis unilateral** afecta al hemidiafragma correspondiente, el cual se eleva y no desciende durante la inspiración. Es el fundamento de las antiguas **frenicectomías**, que se realizaban para tratar lesiones tuberculosas de las bases pulmonares con objeto de dejar el pulmón en reposo.

La **parálisis bilateral** produce una disnea intensísima acompañada de la puesta en marcha de toda la cadena de músculos respiratorios accesorios. La vida corre grave peligro, y debe procederse a la respiración controlada.

Hipo: contracciones espasmódicas del diafragma asociadas a un cierre brusco de la glotis. El frénico es la vía del reflejo. Hay un hipo fisiológico y otro patológico. Tras la inflamación de la pleura o del peritoneo hepatobiliar, o por su manipulación quirúrgica, se pueden producir accesos de hipo provocados por la irritación del nervio.

En pacientes con inflamación de las vías biliares (**colecistitis**) o con abscesos subfrénicos pueden aparecer dolores irradiados al hombro siguiendo el trayecto del nervio.

El **nervio frénico accesorio** es una raíz inconstante (20-35%) de origen del frénico, que se sitúa por fuera del tronco principal. Procede de C5, o de C5 y C6, directamente, o con más frecuencia mediante el nervio del subclavio. Pasa por delante o por detrás de la vena subclavia y se une al frénico en un punto variable entre la base del cuello y los pedículos pulmonares.

PLEXO BRAQUIAL

El **plexo braquial** se forma por las **ramas ventrales de los cuatro últimos nervios cervicales (quinto, sexto, séptimo y octavo) y del primer nervio torácico**.

Inerva la extremidad superior. Dada la importancia de los movimientos que con el se realizan, las lesiones del plexo o de alguna de sus ramas principales provocan graves incapacidades por parálisis de grupos musculares con los que se ejecutan movimientos habituales.

Formación (Fig. 17-8)

Hay que distinguir en la constitución del plexo braquial los siguientes elementos: raíces, troncos primarios, ramas de los troncos primarios y fascículos.

El plexo emite ramas colaterales y ramas terminales.

Las **raíces** del plexo son las ramas ventrales de los nervios mencionados. Estas raíces se fusionan según un patrón determinado para formar los troncos primarios.

Troncos primarios

Hay tres troncos primarios: superior, medio e inferior. El **tronco primario superior** resulta de la fusión de los nervios quinto y sexto cervical. El **tronco primario medio** es la continuación del séptimo nervio cervical. Finalmente, el **tronco primario inferior** resulta de la unión de los nervios octavo cervical y primero torácico.

Cada uno de los troncos primarios se divide en una **rama anterior** y otra **posterior**, de cuya peculiar fusión resultan los fascículos del plexo.

Fascículos

Los fascículos (troncos secundarios) reciben su denominación por su relación con los vasos de la axila: lateral, medial y posterior. El **fascículo lateral** (*tronco secundario anteroexterno*) resulta de la unión de las ramas anteriores de los troncos primarios superior y medio. El **fascículo medial** (*tronco secundario anterointerno*) es prolongación del ramo anterior del tronco primario inferior. El **fascículo posterior** (*tronco secundario posterior*) se forma por la unión de las ramas posteriores de los troncos primarios.

Los fascículos se continúan emitiendo las **ramas terminales** del plexo. El fascículo lateral se divide en dos, el **nervio musculocutáneo** y la **raíz lateral del nervio mediano**. El fascículo medial da los **nervios cubital**, **cutáneo medial del brazo, cutáneo medial del antebrazo** y la **raíz medial del mediano**. El fascículo posterior se continúa como **nervio radial**.

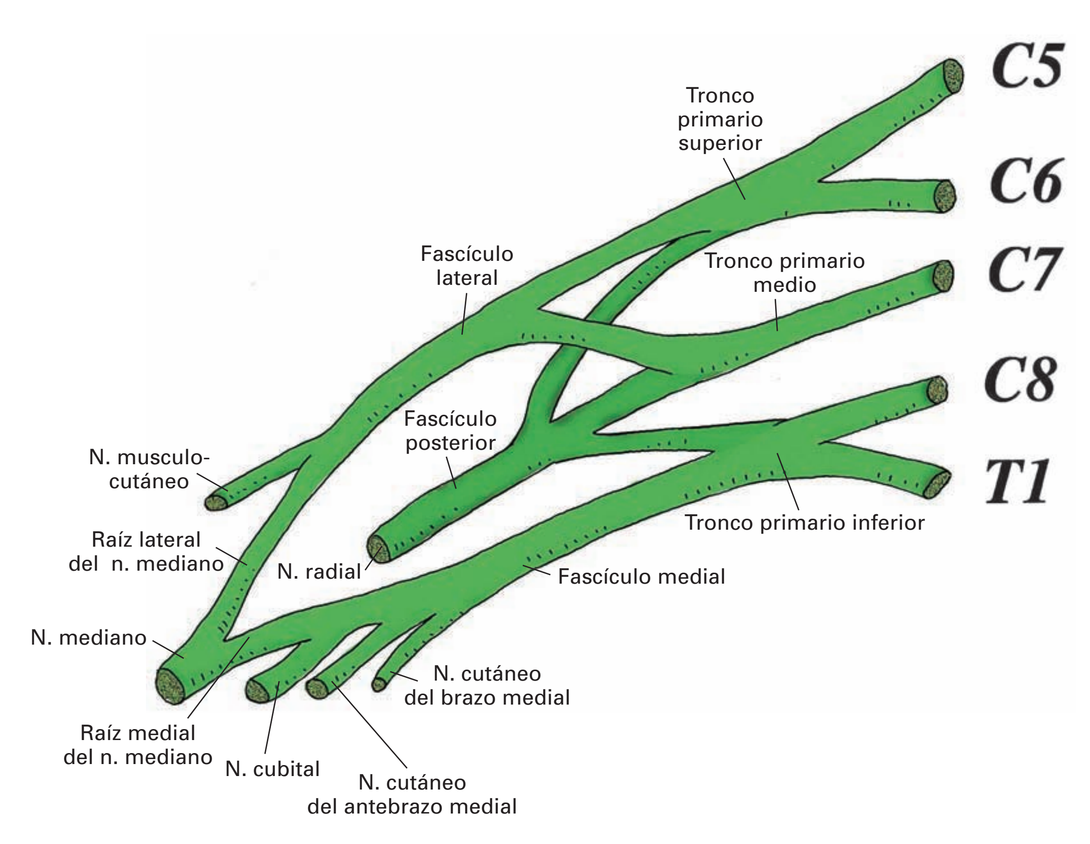


Figura 17-8. Formación del plexo braquial.

Las **ramas colaterales** se desprenden de diversos segmentos del plexo.

Ramos comunicantes

Los nervios de origen del plexo braquial se unen a los ganglios cervicales medio e inferior y a la cadena simpática cervical mediante **ramos comunicantes grises**. Por estos ramos se incorporan fibras simpáticas posganglionares para la extremidad superior.

Situación y trayecto (Figs. 17-9, 17-10 y 17-11)

El plexo braquial se extiende desde la columna cervical hasta la cavidad axilar, llevando una dirección oblicua hacia abajo y hacia fuera. Se sitúa primero en el **triángulo lateral del cuello** y luego penetra en la **axila** por su vértice. La parte del plexo comprendida en el triángulo posterior se denomina *porción supraclavicular* y la parte que penetra en la axila, *porción infraclavicular*.

En el **triángulo lateral del cuello** (Fig. 11-13) el plexo aparece en el «desfiladero de los escalenos» y, luego, en la parte inferior del triángulo, hasta la clavícula.

En el desfiladero de los escalenos se disponen las raíces de origen del plexo y el comienzo de los troncos primarios. El plexo está entre el escaleno anterior por delante, el escaleno medio por detrás y la primera costilla por abajo.

Al salir del desfiladero, los troncos primarios ocupan el fondo del **triángulo omoclavicular** cubiertos por el músculo omohioideo y la fascia cervical media (Fig. 16-4).

En esta región, la arteria subclavia se dispone por delante y por debajo del plexo. Sus ramas, las arterias transversa del cuello y supraescapular, cruzan por delante del plexo; y la arteria dorsal de la escápula pasa hacia atrás entre los troncos primarios.

Los fascículos del plexo penetran muy juntos por el **vértice de la axila**, (Fig. 17-11) entre la clavícula por delante y la primera digitación del serrato anterior por dentro, situándose en el **hueco de la axila,** agrupados en torno a la arteria axilar: el fascículo lateral por fuera de la arteria, el fascículo posterior por detrás y el fascículo medial por dentro, entre la arteria y la vena. Por fuera del pectoral menor, los fascículos se dividen en sus ramas terminales.

Distribución

RAMAS COLATERALES (Fig. 17-12)

Las ramas colaterales inervan la musculatura del cinturón cleidoescapular y algunos músculos profundos del cuello,

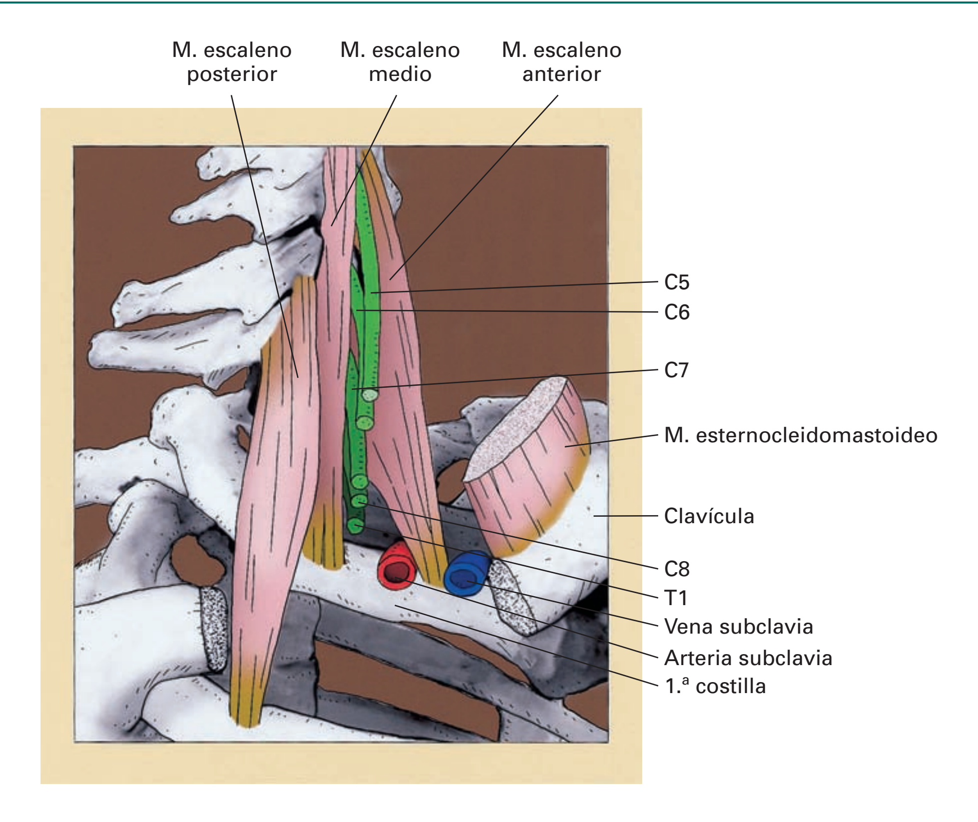


Figura 17-9. Visión lateral de la hendidura de los escalenos mostrando la posición de los nervios del plexo braquial.

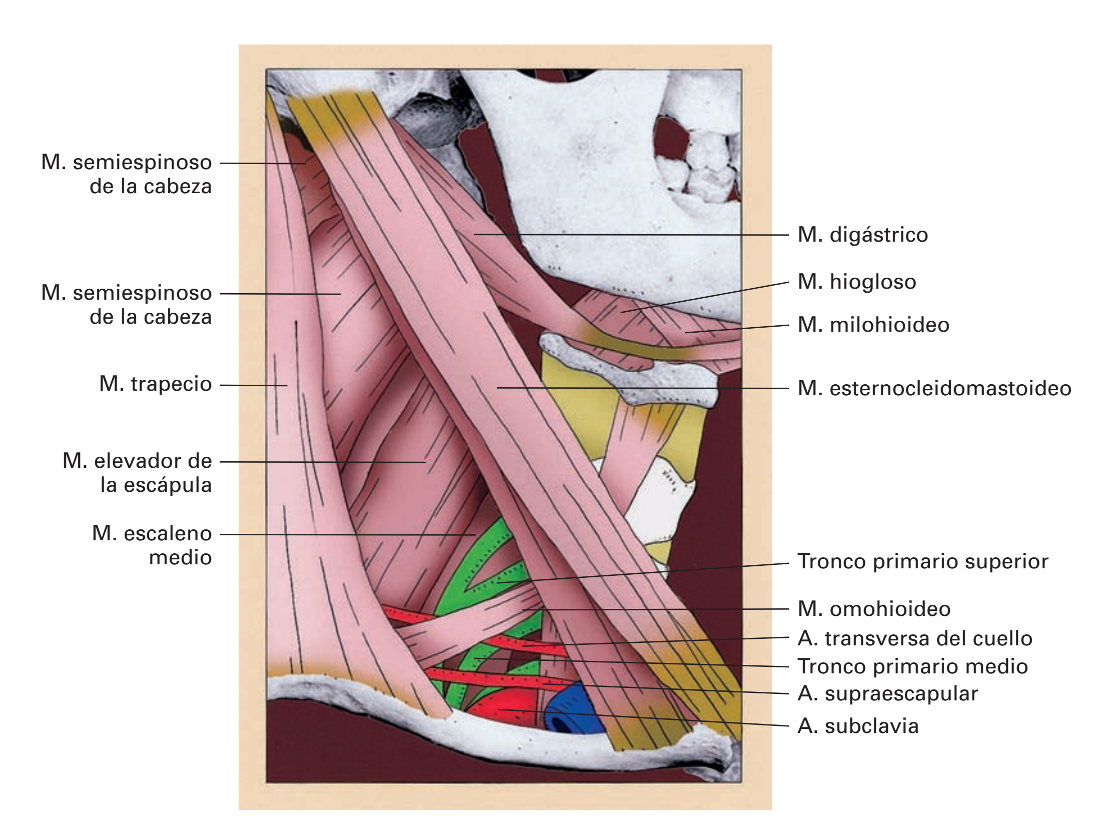


Figura 17-10. Triángulo lateral del cuello. Los troncos primarios del plexo braquial están cruzados anteriormente por el músculo omohioideo.

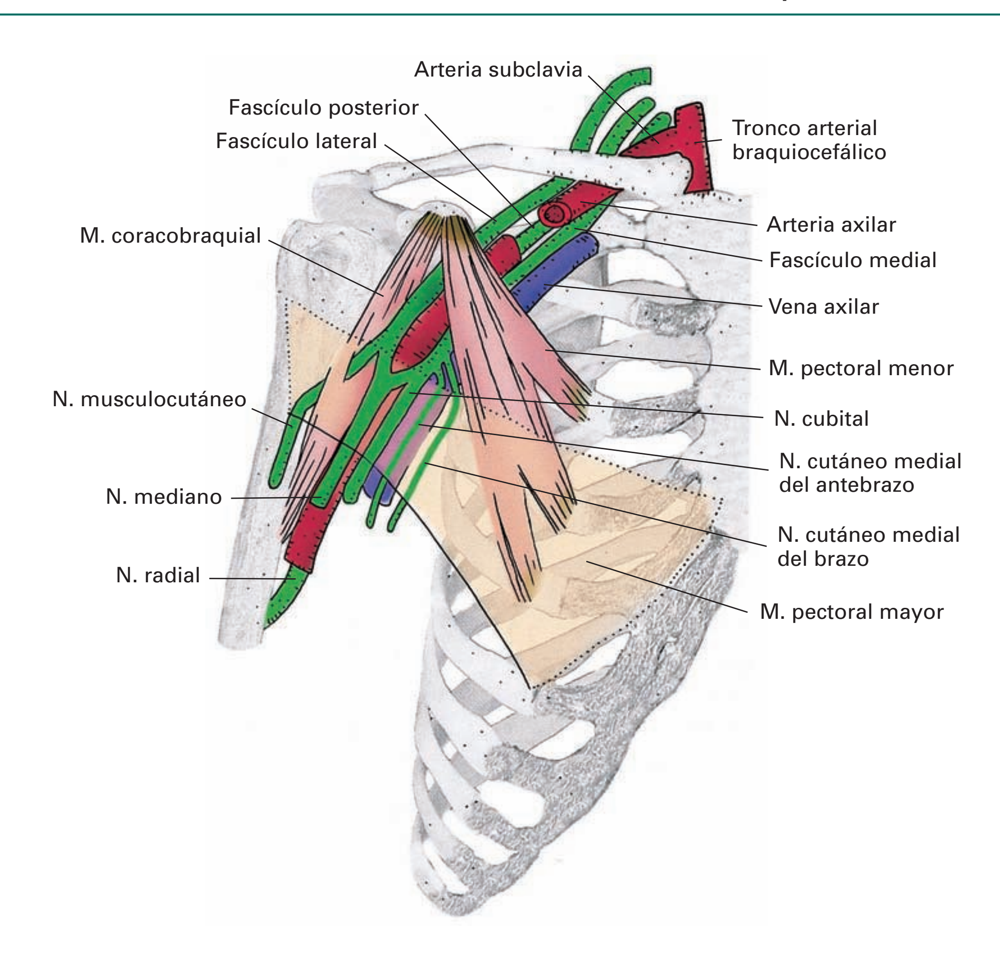


Figura 17-11. Plexo braquial en la axila. El músculo pectoral mayor (ocre) ha sido representado como una transparencia incompleta.

un pequeño territorio cutáneo del hombro y las articulaciones escapulohumeral y acromioclavicular. Según su origen, se pueden clasificar en ramas supraclaviculares e infraclaviculares.

a) *Ramas supraclaviculares.* Pequeños y cortos ramos para los músculos escaleno anterior y **largo del cuello**, que nacen de las raíces del plexo en el desfiladero de los escalenos.

El **nervio del subclavio** desciende por delante del plexo y alcanza el músculo subclavio por delante o por detrás de la vena subclavia.

El **nervio dorsal de la escápula** nace en el desfiladero, atraviesa el **escaleno medio**, al que inerva, y desciende próximo al borde medial de la escápula cubierto por los músculos **elevador de la escápula** y **romboides**, a los que inerva.

El **nervio supraescapular** cruza la base del triángulo posterior del cuello por detrás del músculo omohioideo, llega al borde superior de la escápula y, por la escotadura escapular, penetra en la fosa infraespinosa e inerva el **músculo supraespinoso**, luego contornea la espina de la escápula y desciende a inervar el **músculo infraespinoso**. Da ramos a la articulación escapulohumeral y a la acromioclavicular. Es satélite de la arteria supraescapular.

El **nervio torácico largo** *(nervio respiratorio de Bell)*[2] atraviesa el escaleno medio y desciende por fuera de él y por detrás del plexo braquial; penetra en la axila bordeando la primera costilla y siguiendo un trayecto vertical se adosa al **músculo serrato anterior**, al que inerva.

Este nervio puede lesionarse en el curso de intervenciones de limpieza de ganglios linfáticos axilares como las que se realizan tras una **mastectomía** a causa de un cáncer. También se puede afectar en heridas por encima de la clavícula o en personas que trabajan mucho tiempo con el brazo extendido hacia arriba. Se puede observar en sujetos que transportan grandes pesos («parálisis de las mochilas»).

La parálisis del serrato anterior provoca dos signos claros: gran dificultad para separar el brazo más allá de la horizontal, debido a la pérdida del movimiento de rotación externa de la escápula, y levantamiento del borde espinal de la escápula (signo de la «escápula alada»).

[2] Charles Bell (1774-1842), anatomista y fisiólogo británico. Fue el primero en distinguir de una manera clara la diferencia entre nervios sensitivos y motores.

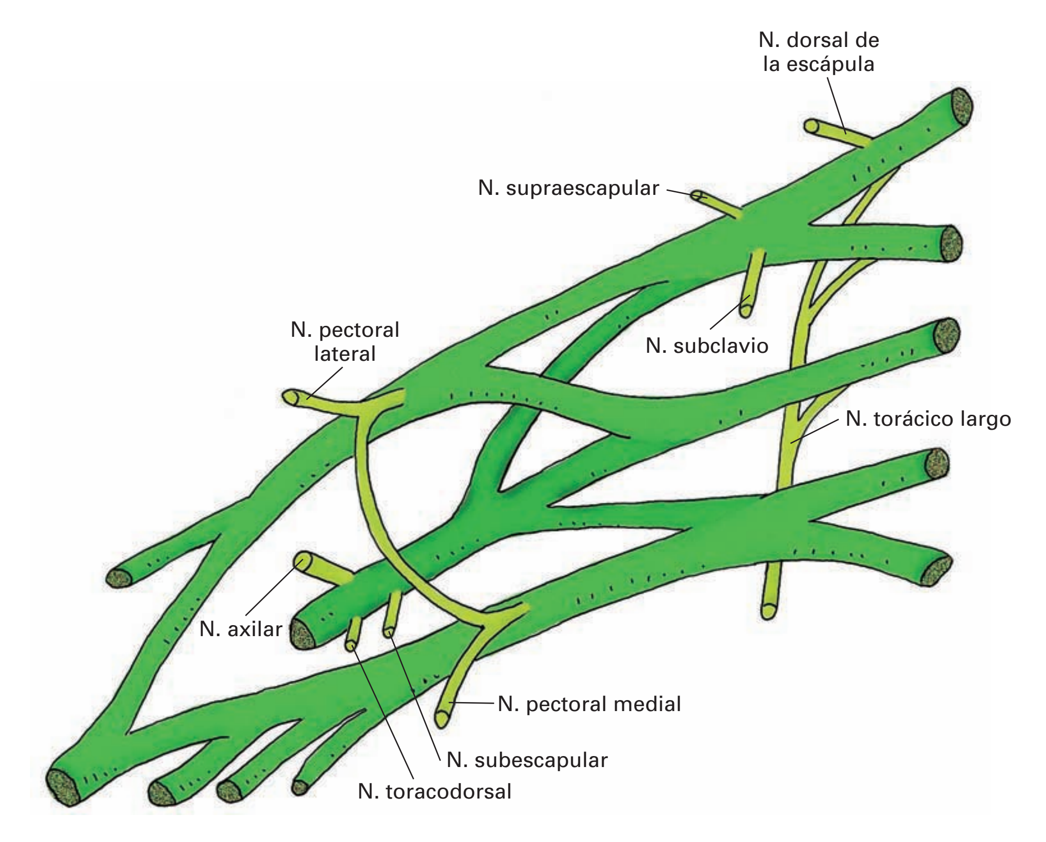


Figura 17-12. Ramas colaterales del plexo braquial. Obsérvese su lugar de origen comparando con la Figura 17-8.

b) *Ramas infraclaviculares.* Se clasifican en ramas anteriores y posteriores, según su origen en el plexo.

Ramas anteriores

Las ramas anteriores están destinadas a los músculos pectorales. El **nervio pectoral lateral** atraviesa la fascia clavipectoral y el **nervio pectoral medial** perfora el músculo pectoral menor. Ambos nervios se anstomosan por delante de la arteria axilar (*asa de los pectorales*) y dan ramos a los **músculos pectorales mayor** y **menor**.

Ramas posteriores

Las ramas posteriores se desprenden del fascículo posterior del plexo braquial.

El **nervio subescapular**, generalmente formado por dos o tres ramas, desciende hacia los **músculos subescapular** y **redondo mayor**. Da ramos a la articulación escapulohumeral. Es satélite de los vasos subescapulares.

El **nervio toracodorsal** desciende en la axila próximo al borde lateral de la escápula y da ramas para el **músculo dorsal ancho**.

El **nervio axilar** (Fig. 15-95) *(nervio circunflejo*) se desprende del fascículo posterior en el punto donde éste se continúa formando el nervio radial. Tiene fibras motoras y sensitivas. Se dirige hacia fuera y hacia atrás y escapa de la axila por el espacio axilar externo en compañía de los vasos circunflejos humerales posteriores. Contornea por detrás el cuello quirúrgico del húmero y da ramos musculares para el **deltoides** y el **redondo menor**, y un **ramo cutáneo superior lateral del brazo** que, emergiendo por el borde posterior del deltoides, se distribuye por la piel de la parte externa del hombro (Fig. 17-25). Da finos ramos para la articulación escapulohumeral.

El nervio axilar es vulnerable en las fracturas del cuello quirúrgico del húmero o en luxaciones de la cabeza humeral con desplazamiento hacia abajo. Se produce una parálisis del deltoides y del redondo menor; la afectación de este último es prácticamente imposible de observar, pues su acción de rotador externo del brazo está suficientemente suplida por el infraespinoso. La lesión del deltoides origina una debilidad notable de la separación del brazo; si hay atrofia progresiva, el hombro se aplana. Se pierde la sensibilidad de una zona cutánea situada sobre la superficie externa del deltoides.

Origen de las ramas colaterales

Las **ramas del escaleno anterior y largo del cuello** en todas las raíces del plexo.
Nervio del subclavio en el tronco primario superior (C5 y C6).

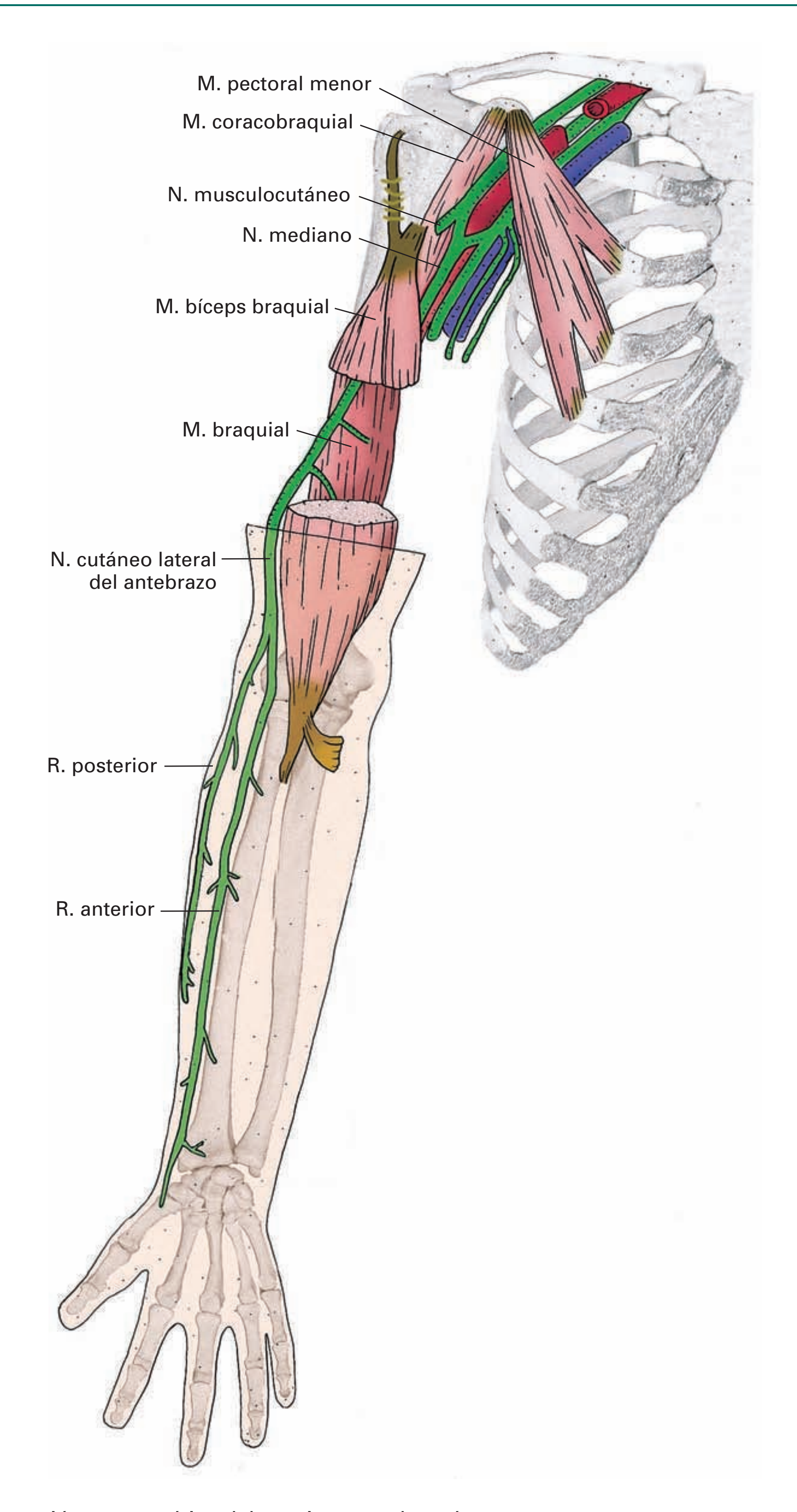


Figura 17-13. Representación esquemática del nervio musculocutáneo.

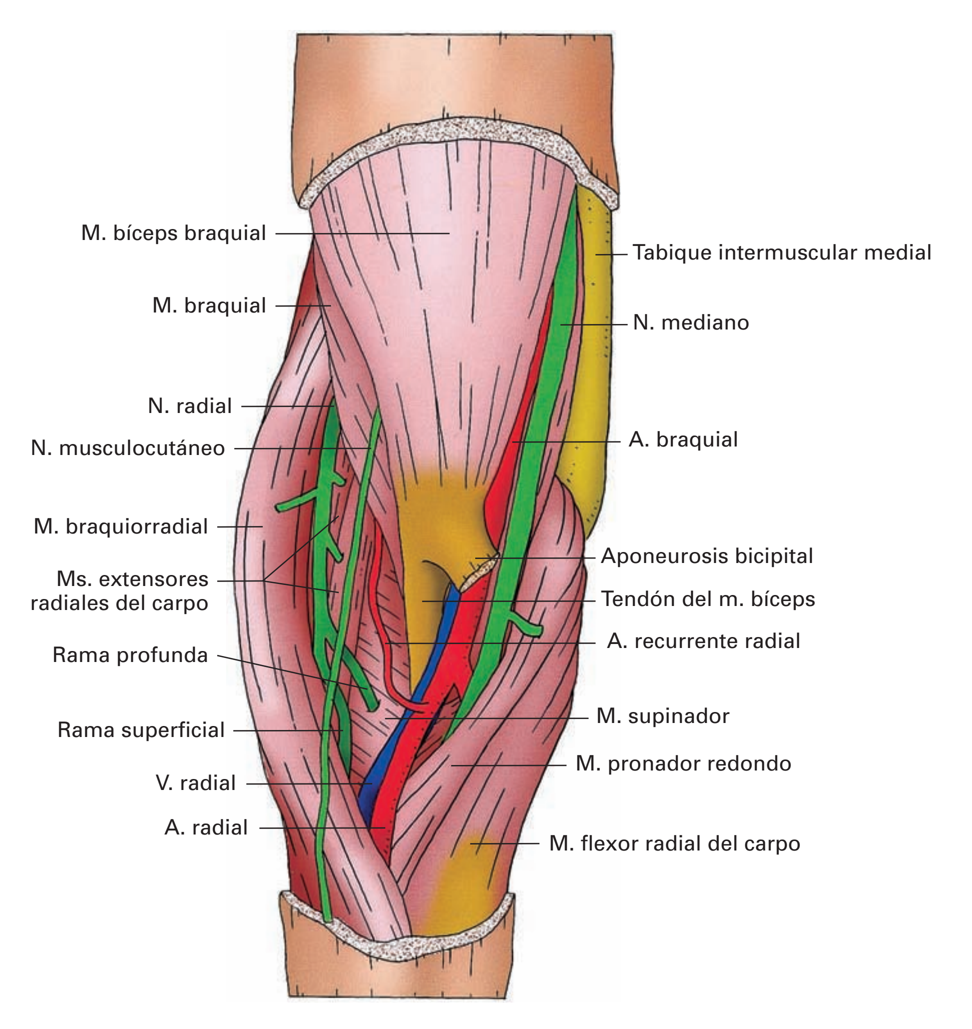


Figura 17-14. Visión anterior de los surcos bicipitales del codo. Los músculos epicondíleos mediales y laterales han sido reclinados ligeramente para poder observar los nervios y los vasos que discurren por los surcos.

Nervio dorsal de la escápula en C5.
Nervio supraescapular en el tronco primario superior (C5 y C6).
Nervio torácico largo en las raíces de C5, C6 y C7.
Nervio pectoral medial en fascículo interno (C8 y T1).
Nervio pectoral lateral en fascículo lateral (C5, C6 y C7).
Nervio subescapular en fascículo posterior (C6, C7 y C8).
Nervio toracodorsal en fascículo posterior (C6, C7 y C8).
Nervio axilar en fascículo posterior (C5 y C6).

Las lesiones del plexo braquial suelen deberse a grandes traumatismos cervicales (como caídas sobre el hombro con inclinación del cuello hacia el lado contrario), fracturas de clavícula, heridas de cuello y compresiones del plexo en el «desfiladero de los escalenos» por la presencia de una costilla cervical o por un cáncer del vértice pulmonar. A menudo se producen tras partos con dificultades en los que se realizan tracciones bruscas del brazo e hiperextensiones del cuello del feto.

La lesión completa del plexo es rara y provoca, lógicamente, parálisis y anestesia de toda la extremidad superior.

Las lesiones parciales ocasionan dos síndromes característicos: lesión de la parte superior del plexo (*parálisis de Erb-Duchenne*) y lesión de la parte inferior (*parálisis de Klumpke*).

La lesión de la parte superior del plexo (lesión de las raíces C5 y C6 o del tronco primario superior) origina la afectación de los nervios que contienen fibras de estas raíces: supraescapular (parálisis del supraespinoso e infraespinoso); subclavio (parálisis del subclavio); axilar (parálisis del deltoides y redondo menor); y musculocutáneo (parálisis del coracobraquial, bíceps braquial y braquial).

El paciente no puede realizar los siguientes movimientos: separación y rotación externa del brazo (deltoides, supraespinoso, infraespinoso y redondo menor). La flexión del codo es muy débil (braquial y bíceps braquial), así como la supinación del antebrazo (bíceps braquial). En consecuencia, la extremidad superior adopta una actitud denominada «propina de camarero» en la que la extremidad está pegada al tronco, en rotación interna y en pronación, como «esperando una propina».

La lesión de la parte inferior del plexo obedece a la afectación de las raíces C7, C8 y T1. Se alteran, fundamentalmente, dos ramas terminales importantes, los nervios mediano y cubital, provocando parálisis de los músculos flexores de la articulación de la mano y de todos los músculos cortos de la mano. Existe una pérdida variable de la sensibilidad a lo largo del borde medial del antebrazo y en la mano. (El lector comprenderá mejor esta lesión al conocer estos nervios.)

RAMAS TERMINALES

NERVIO MUSCULOCUTÁNEO (Fig. 17-13)

El **nervio musculocutáneo** procede del fascículo lateral (C5, C8 y C7), transita brevemente en la axila por fuera de la arteria axilar y sale de esta región atravesando el músculo coracobraquial. Desciende oblicuamente en el brazo por la región braquial anterior, entre el bíceps por delante y el braquial por detrás, y alcanza el canal bicipital externo de la fosa del codo, donde da el **nervio cutáneo lateral del antebrazo** (Fig. 17-14).

Territorio de distribución

Motor. En su trayecto da ramos musculares para el **coracobraquial,** el **bíceps** y el **braquial**.

Sensitivo. Mediante el nervio cutáneo lateral del antebrazo, da ramos cutáneos y articulares.

El **nervio cutáneo lateral del antebrazo** perfora la fascia del canal bicipital externo, se hace subcutáneo y desciende por la parte externa del antebrazo, generalmente dividido en dos **ramas (anterior** y **posterior**), hasta la muñeca. En ocasiones, llega hasta la eminencia tenar cruzando por delante de la arteria radial. Inerva la piel de la zona externa del antebrazo (mitad radial de la cara anterior y tercio radial de la cara posterior) (Fig. 17-25). Puede inervar parte de la eminencia tenar y de la parte externa y proximal del dorso de la mano. Da ramos para la cara anterior de la articulación del codo.

Lesiones

La afectación del musculocutáneo es rara. Puede aparecer tras fracturas del húmero o heridas por armas. La flexión del codo está alterada (parálisis del braquial y del bíceps) pero no abolida del todo, ya que se conservan otros flexores como el pronador redondo y el braquiorradial. El movimiento de supinación contra resistencia (como manejar un sacacorchos) es muy débil debido a la parálisis del bíceps. El reflejo bicipital está abolido. El territorio cutáneo está ligeramente anestesiado.

NERVIO CUTÁNEO MEDIAL DEL ANTEBRAZO (Fig. 17-15)

El **nervio cutáneo medial del antebrazo** (*nervio braquial cutáneo interno*) se origina del fascículo medial (C8 y T1), desciende en la axila por dentro del nervio cubital penetra en el conducto braquial en compañía de los vasos humerales; hacia la parte media del brazo perfora la fascia y se hace superficial por el punto donde penetra la vena basílica. En el pliegue del codo se divide en una **rama anterior** y **una rama cubital** que descienden por el borde interno del antebrazo.

Territorio de distribución (Fig. 17-25)

Es exclusivamente sensitivo. El nervio se distribuye por la piel del borde cubital del antebrazo hasta la muñeca. El **ramo anterior** inerva la piel de la mitad cubital de la cara anterior del antebrazo y el **ramo cubital** inerva la parte interna de la cara posterior sin llegar a alcanzar la muñeca.

NERVIO CUTÁNEO MEDIAL DEL BRAZO (Figs. 17-15, 17-25)

El **nervio cutáneo medial del brazo** (*nervio accesorio del braquial cutáneo interno*) nace del fascículo medial (C8 y T1) y desciende en compañía de la vena axilar. Al llegar a la región braquial anterior, a un nivel variable, perfora la fascia y se distribuye por la piel de la cara interna del brazo. En la mayoría de los casos recibe en la axila la anastomosis del **nervio intercostobraquial** procedente del segundo nervio intercostal (es su rama cutánea), a veces también de la tercera, y juntos forman el tronco nervioso que se distribuye por el brazo.

El nervio intercostobraquial puede ser independiente e, incluso, sustituir completamente al nervio cutáneo medial del brazo.

NERVIO MEDIANO

El **nervio mediano** está destinado a inervar los músculos de la región anterior del antebrazo (con excepción del flexor cubital del carpo y parte del flexor profundo de los dedos) y músculos de la eminencia tenar. Su territorio sensitivo cutáneo interesa a gran parte de la palma de la mano y de los dedos.

Las lesiones del mediano afectan a importantes movimientos de la extremidad superior, como la flexión de la muñeca y de los dedos, la pronación del antebrazo y la oposición del pulgar.

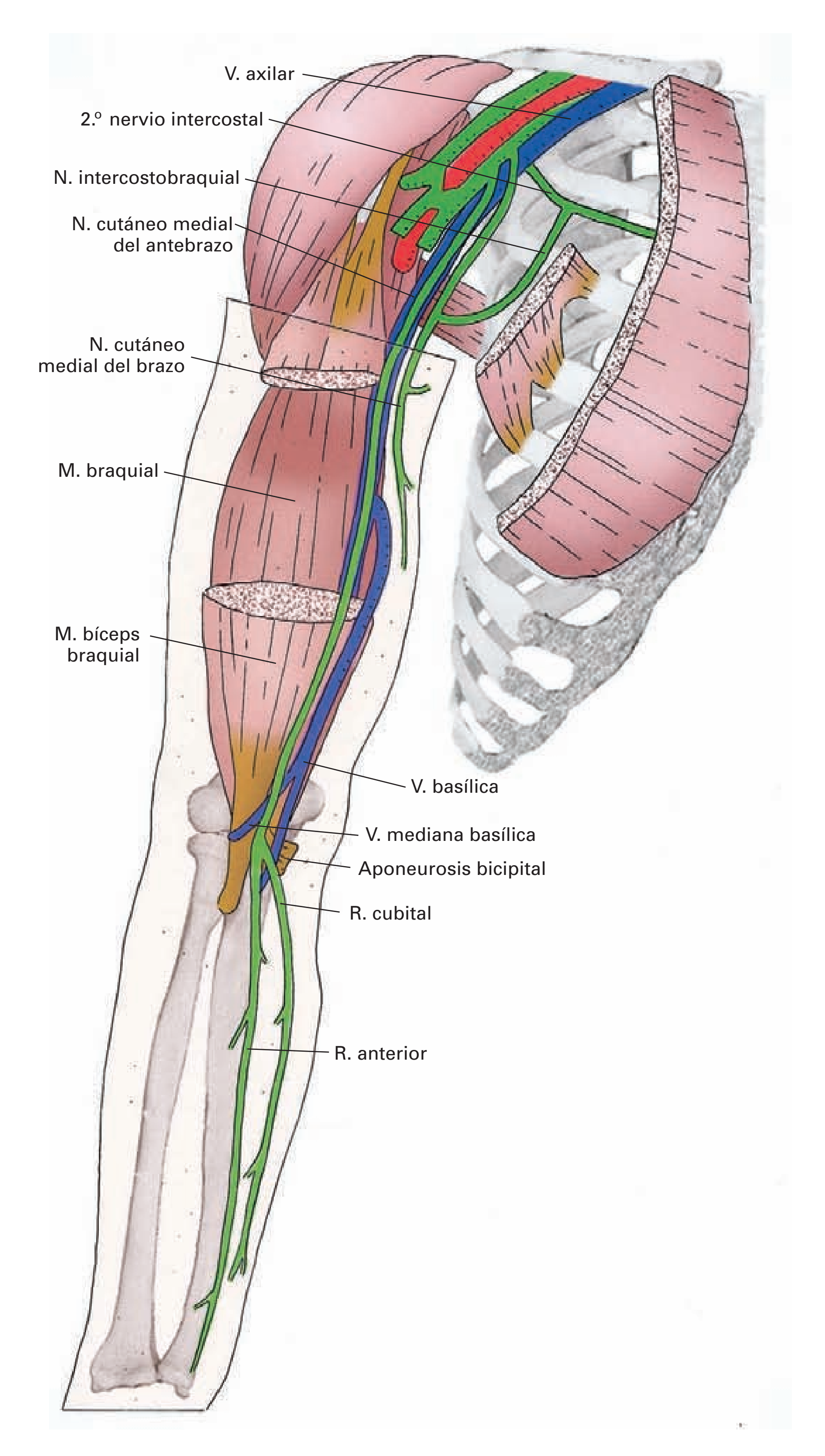


Figura 17-15. Representación esquemática de los nervios cutáneos mediales del brazo y el antebrazo.

Se *origina* por dos **raíces**, una **lateral** y otra **medial**, que proceden cada una de los respectivos fascículos (lateral y medial) del plexo braquial (todos los nervios de origen del plexo, desde C5 a T1, aportan fibras). Las dos raíces convergen por delante de la arteria axilar formando una «horquilla» en un tronco único.

Situación y trayecto (Fig. 17-16)

Tras un corto recorrido por la axila (segmento axilar), pasa al brazo bajo el borde inferior del pectoral mayor (segmento braquial), alcanza el codo (segmento de la fosa cubital), penetra en la parte media del antebrazo (segmento antebraquial) por donde desciende hasta la muñeca, pasa a la mano bajo el retináculo flexor (segmento carpiano) y termina dando sus ramas terminales.

Segmento axilar. En la **axila** el nervio se dispone por delante y por fuera de la arteria axilar, y por dentro del músculo coracobraquial.

Segmento braquial. En el brazo el nervio ocupa el **conducto braquial** entrando en íntimo contacto con los vasos humerales. En su trayecto descendente cruza en X a la arteria braquial, situándose primero por fuera, luego por delante y, finalmente, por dentro de ella. El nervio cubital, en principio próximo al mediano, se coloca por detrás de éste, separado por el tabique intermuscular medial (véase más adelante).

Segmento de la fosa del codo. Tras abandonar el brazo medialmente al bíceps braquial, el nervio penetra en el **canal bicipital interno**. En este surco muscular, el nervio es muy superficial ya que está cubierto únicamente por la fascia y la aponeurosis del bíceps; al principio sigue por dentro de la arteria braquial, pero enseguida, se separa de ella y atraviesa el pronador redondo entre sus dos fascículos. La fascia separa el nervio de la vena mediana basílica.

Segmento antebraquial. El nervio pasa a la **región antebraquial anterior** bajo el arco del flexor superficial de los dedos, saltando por delante de la arteria cubital, y desciende por la línea media del antebrazo (Fig. 17-17).

En la porción superior o muscular de esta región, el nervio está adosado a la cara posterior del flexor superficial de los dedos, envuelto en su fascia, la cual le aísla de los músculos flexores profundos de los dedos y largo del pulgar, que se sitúan por detrás. En la porción inferior, al hacerse tendinosos los músculos antebraquiales, el nervio se «descubre» del flexor superficial de los dedos y se hace muy superficial, disponiéndose en el espacio longitudinal comprendido entre el flexor radial del carpo por fuera, el palmar largo por dentro y el tendón del dedo índice por detrás.

La delgada arteria mediana es satélite del nervio en este trayecto.

Segmento carpiano. El tránsito hacia la mano lo hace el nervio en el interior del **túnel carpiano**, bajo el retináculo flexor, en íntima relación por detrás con los tendones flexores de los dedos y sus vainas sinoviales. Nada más salir del túnel carpiano, termina emitiendo sus ramas terminales en la palma de la mano.

Territorio de distribución

El nervio mediano da *ramos colaterales* a lo largo de su trayecto, y, en la mano, *ramas terminales*: la **rama tenar**, de carácter motor, y los **nervios digitales palmares**, de carácter sensitivo.

Motor

Ramas colaterales

En el codo emite ramos musculares para el **pronador redondo**, el **flexor radial del carpo**, el **palmar largo** y el **flexor superficial de los dedos**.

En el antebrazo, bajo el arco del flexor superficial de los dedos, da el **nervio interóseo anterior,** (Fig. 17-17) el cual desciende inmediatamente por delante de la membrana interósea junto a la arteria interósea anterior, pasa por detrás del pronador cuadrado y alcanza la articulación de la mano. En su trayecto da ramos musculares para **el flexor largo del pulgar**, los **dos fascículos externos del flexor profundo de los dedos** y el **pronador cuadrado**. El flexor superficial de los dedos suele recibir otra rama muscular en esta porción del nervio.

Ramas terminales

En la mano, el nervio da **la rama tenar,** la cual aparece por el borde inferior del retináculo flexor bajo la fascia palmar media, se dirige describiendo una curva hacia arriba y hacia fuera penetrando en la eminencia tenar; da ramos musculares para los músculos **separador corto del pulgar**, **oponente del pulgar** y **fascículo superficial del flexor corto del pulgar**.

> La rama tenar está en íntima relación con la vaina sinovial del flexor largo del pulgar; es importante que el cirujano recuerde esta relación al abrir flemones de esta vaina, pues la lesión de la rama tenar produce una grave parálisis del dedo pulgar.

Mediante los nervios digitales, da ramos musculares para los **dos lumbricales más externos**.

Sensitivo (Fig. 17-17, 17-25)

El territorio sensitivo del mediano comprende toda la piel de la palma de la mano y de los dedos situada por fuera de una línea longitudinal que pase por el medio del cuarto

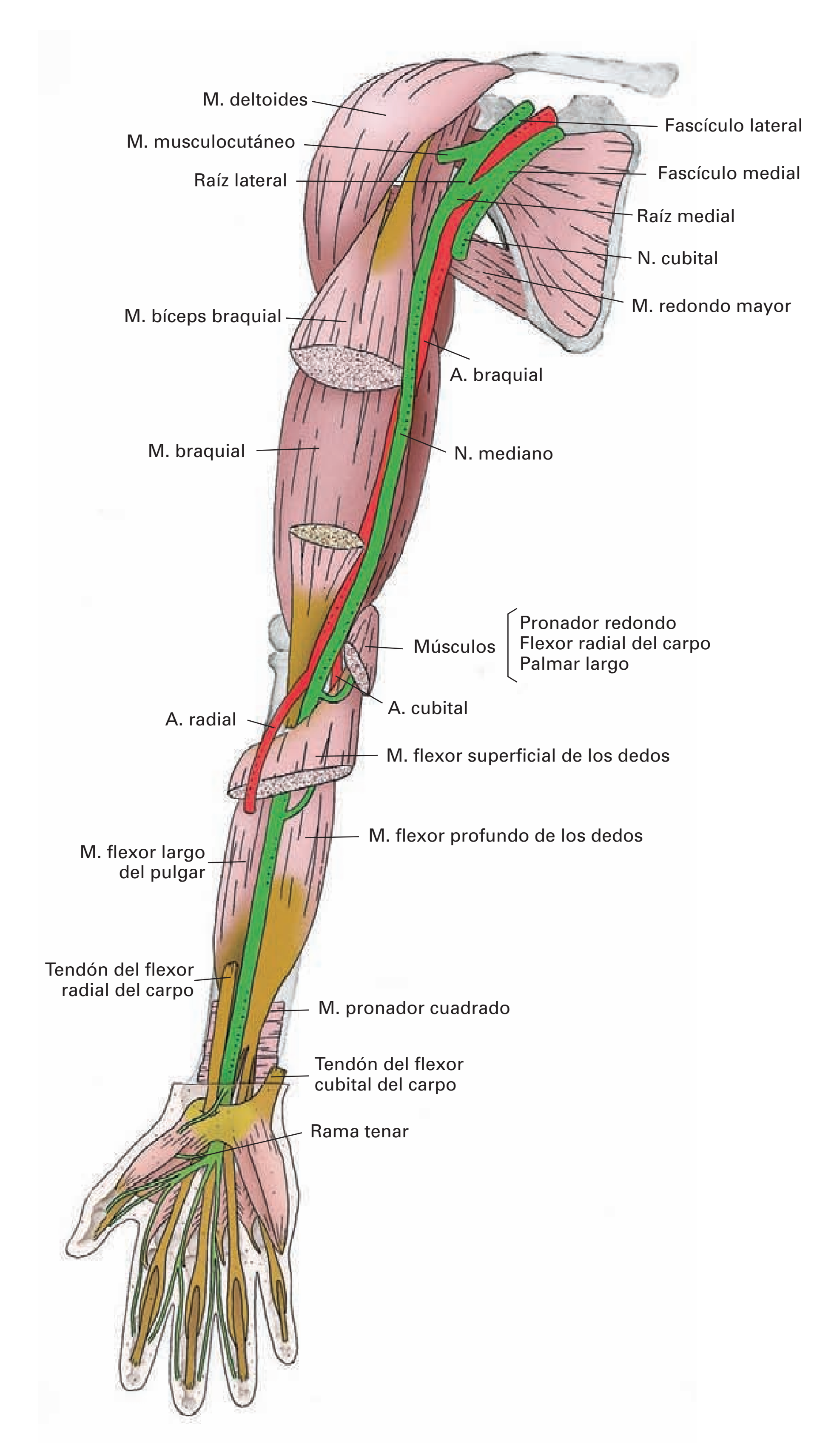


Figura 17-16. Representación esquemática del nervio mediano.

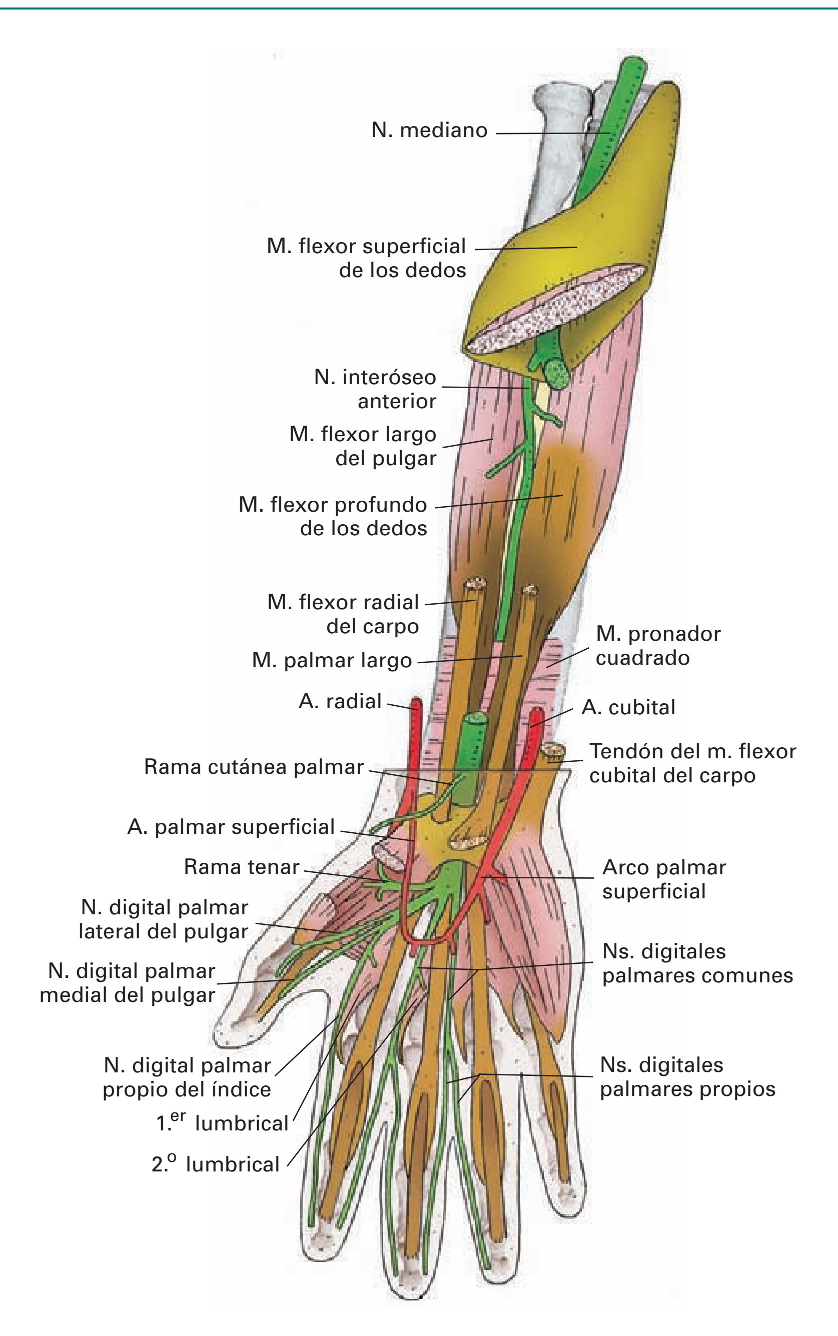


Figura 17-17. Distribución del nervio mediano. El tronco nervioso ha sido seccionado en el antebrazo para dejar ver el nervio interóseo.

dedo y el dorso de la segunda y tercera falange de los dedos medio e índice, y de la mitad externa de las del cuarto dedo.

La **rama cutánea palmar** se desprende del mediano en el tercio inferior del antebrazo, atraviesa la fascia antebraquial, pasa por delante del retináculo flexor y se distribuye por la piel de la eminencia tenar.

Las ramas terminales sensitivas son los **nervios digitales palmares**, que discurren hacia la raíz de los dedos en posición superficial a los espacios interóseos. En su origen se disponen en la región palmar, por detrás de la fascia palmar media y por delante de los tendones flexores de los dedos; el arco palmar superficial cruza por delante de los nervios. Llegados a las raíces de los dedos dan los **nervios digitales palmares propios**, los cuales pasan bajo el ligamento transverso superficial del metacarpo y discurren por los flancos palmares de los dedos hasta su extremo. Están acompañados de las arterias digitales palmares.

El patrón de origen de los nervios digitales palmares es variable.

En relación con el primer espacio interóseo se encuentran el **nervio digital palmar lateral del pulgar**, **el ner-**

vio digital palmar medial del pulgar y el **nervio digital palmar propio del índice**. Los nervios digitales palmares del pulgar siguen el tendón del flexor largo del pulgar hasta la punta del dedo. El nervio digital palmar propio del índice sigue por fuera de los tendones del dedo índice y se continúa por el lado externo del dedo como *nervio lateral del segundo dedo*. En la mano emite el ramo muscular del primer lumbrical.

En relación con el segundo espacio interóseo discurre el **nervio digital palmar común del segundo espacio**, que termina dando los **nervios digitales palmares propios** del lado *medial del segundo dedo* y del lado *lateral del tercer dedo*. Emite el ramo muscular del segundo lumbrical.

En relación con el tercer espacio interóseo camina el **nervio digital común del tercer espacio**, el cual emite los **nervios digitales palmares propios** del lado medial del tercer dedo y el lado *lateral del cuarto dedo*.

Los nervios digitales palmares propios de los dedos forman una densa red nerviosa a nivel del pulpejo y emiten ramas destinadas al dorso de las dos últimas falanges de los dedos segundo, tercero y cuarto.

El mediano contribuye a la sensibilidad de las *articulaciones* del codo, la mano y los dedos.

Para la articulación del codo da un ramo a nivel del canal bicipital interno.

La cara palmar de la articulación de la mano y de las carpometacarpianas están inervadas por el nervio interóseo anterior.

Las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas reciben filetes nerviosos de los nervios digitales.

El mediano da un fino ramo para la *diáfisis del húmero* que penetra en éste junto a la arteria diafisaria, y *ramos diafisarios y periósticos al cúbito y al radio* procedentes del **nervio interóseo anterior**.

El mediano *emite ramos vasculares vegetativos* para la arterias humeral, interósea anterior y el arco palmar superficial.

Lesiones

El mediano puede afectarse por heridas en el brazo (también de forma iatrogénica al efectuar caterismos de la arteria humeral), en fracturas graves del codo con luxación, en el canal carpiano por compresión del nervio debido a inflamación de las vainas tendinosas de los flexores o a luxaciones del semilunar, o por cortes en la muñeca, donde es muy superficial, como, por ejemplo, en los intentos de suicidio «a la romana» para cortarse las venas —y la arteria radial— (en ocasiones, el dolor provocado por la sección del nervio evita el suicidio).

En la observación se aprecia una actitud de la mano denominada «**mano de simio**» debida a la afectación de los músculos tenares y de los flexores de los dedos; el predominio de los músculos largos del pulgar, la atrofia de la eminencia tenar cuando la lesión es antigua y el predominio de los extensores de los dedos hacen que éstos se encuentren en extensión y la cara palmar del pulgar en el mismo plano que la palma de la mano, como en los simios.

En la exploración se aprecia:

En los dedos, la parálisis de los flexores largos impide flexionar los dedos segundo y tercero, pero no los dedos cuarto y quinto por no estar afectados los fascículos internos del flexor profundo y los interóseos; la mano adopta una posición denominada «**mano de predicador**», como si estuviera echando bendiciones. Como consecuencia, el puño no puede cerrarse. Es muy característico el *signo de Pitres*: se pide al paciente que ponga la palma de la mano sobre la mesa y que la rasque con las uñas, pero no puede hacerlo con los dedos 2.º y 3.º.

El movimiento de oposición es imposible y no se puede hacer la pinza digital debido a la parálisis de gran parte de los músculos tenares y del flexor largo del pulgar.

En la muñeca hay debilidad de la flexión radial del carpo y de los flexores largos de los dedos.

El antebrazo no se puede pronar debido a la lesión de los pronadores redondo y cuadrado. Este signo no se observa en las lesiones bajas del mediano.

Junto con ello se aprecia una anestesia de proporciones variables en el territorio cutáneo del nervio.

NERVIO CUBITAL

El **nervio cubital** procede del fascículo medial del plexo braquial y conduce fibras de las raices C7 a T1. Es el nervio fundamental de los músculos cortos de la mano. Las fibras de la raíz C7 existen en el 50 % de casos y provienen de una anastomosis que recibe procedente del fascículo lateral.

Situación y trayecto (17-18, 17-19)

Tras su origen en la axila (segmento axilar), penetra en el brazo (segmento braquial), desciende hacia el codo, donde ocupa una situación muy especial por detrás de la articulación (segmento del codo), pasa al antebrazo (segmento antebraquial) y, por delante del retináculo flexor (segmento carpiano), llega a la palma de la mano, donde da sus **ramas terminales**.

Segmento axilar. En la **axila**, el nervio se dispone por dentro de la arteria axilar, entre ésta y la vena.

Segmento braquial. Al pasar al brazo, penetra primero en la **región braquial anterior** (conducto braquial) situándose inmediatamente por dentro de los vasos humerales; enseguida perfora el tabique intermuscular medial y pasa a la **región braquial posterior** por la que desciende por delante del tríceps braquial en compañía de la arteria cola-

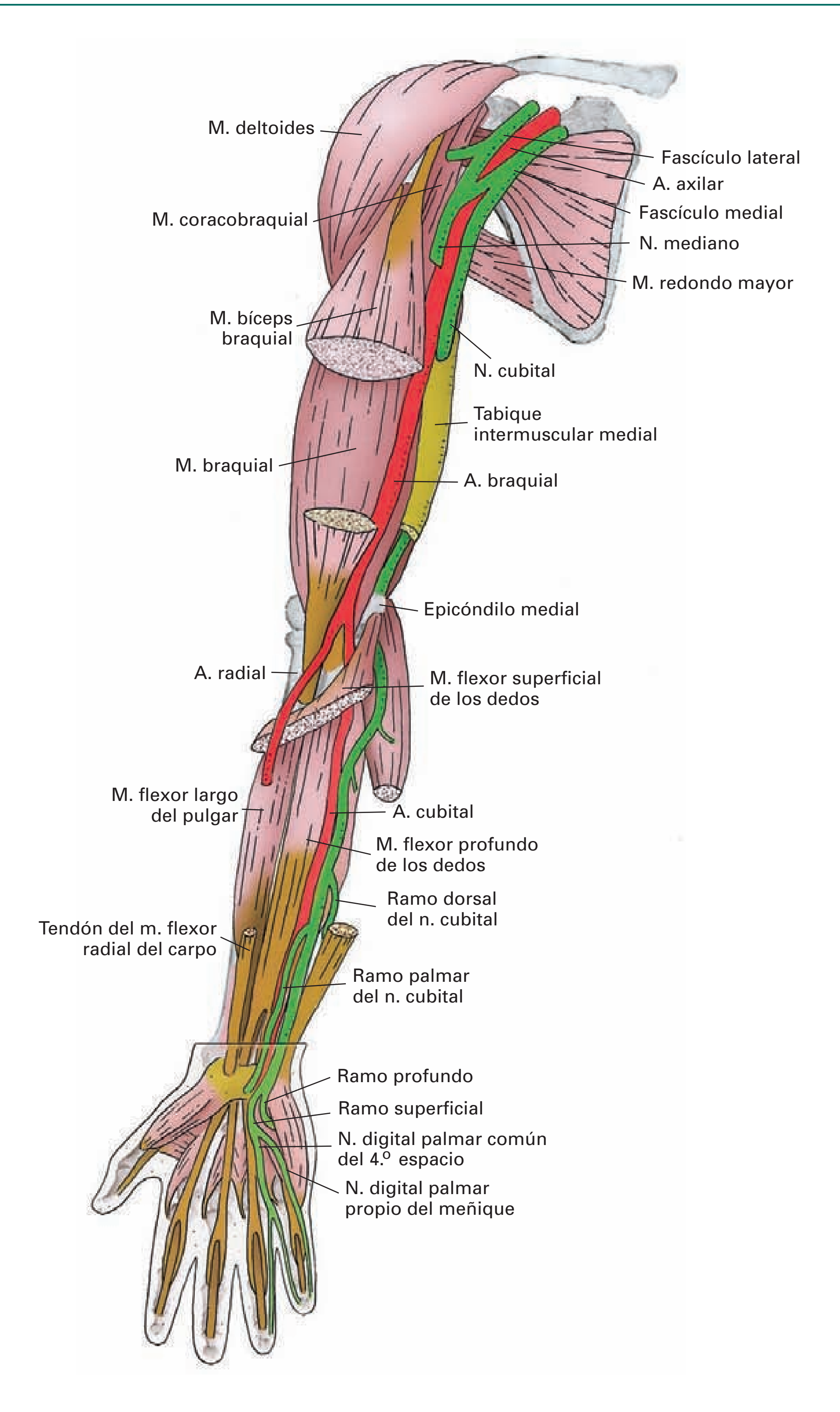


Figura 17-18. Representación esquemática del nervio cubital.

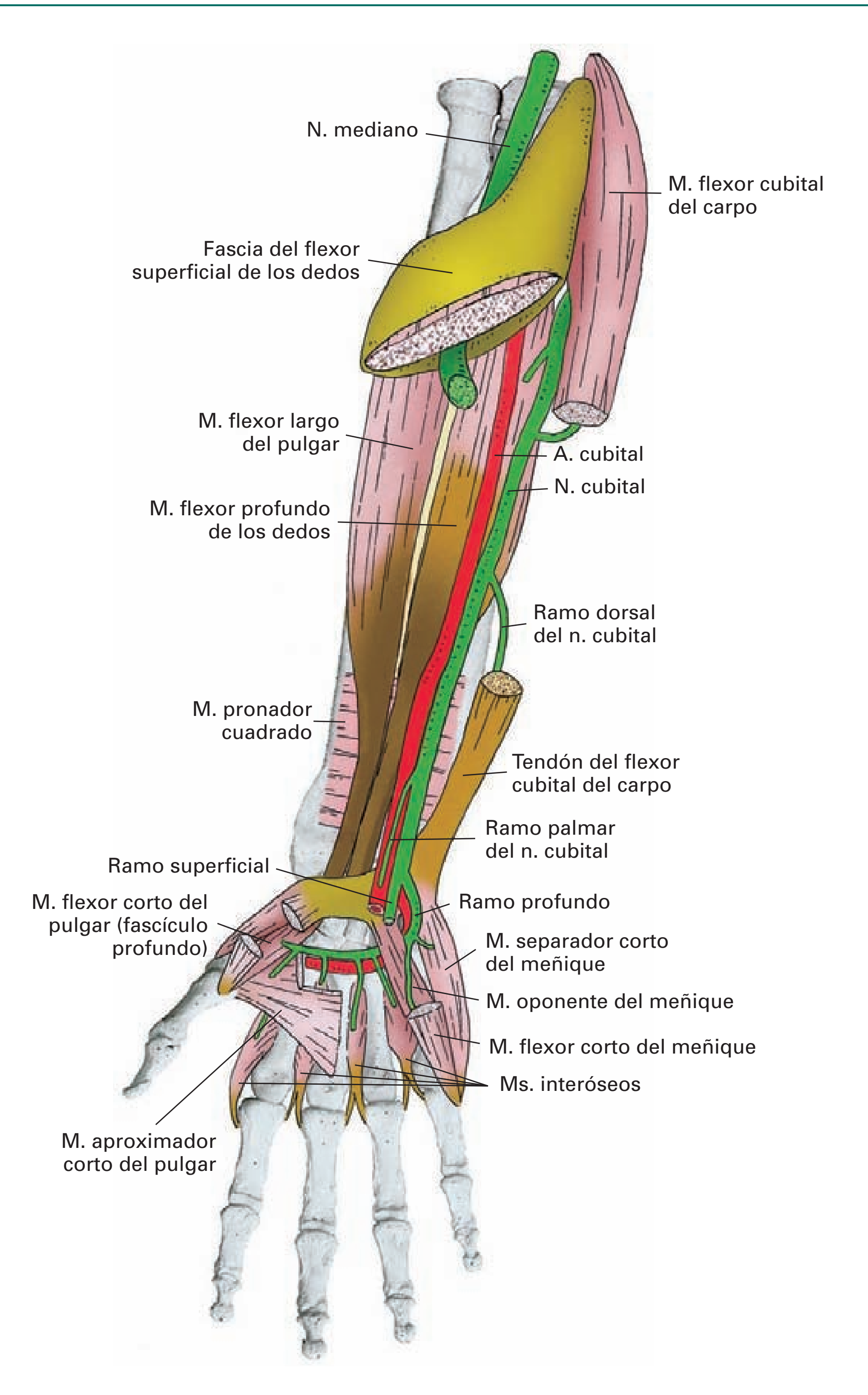


Figura 17-19. Distribución del nervio cubital.

teral cubital superior. A través del tabique está en contacto con los vasos braquiales y el nervio mediano.

Segmento del codo (Fig. 17-20). En esta porción el nervio pasa por dos túneles, uno osteofibroso y otro muscular.

En el *túnel osteofibroso* el nervio desciende por el canal epitrocleoolecraneano, por detrás del epicóndilo medial, de la que está separado por una pequeña bolsa serosa, y cubierto únicamente por detrás por una banda fibrosa que se extiende desde el olécranon al epicóndilo medial. En este trayecto es, pues, muy superficial, lo que facilita su lesión en este punto.

Al salir del canal osteofibroso, el nervio se inclina hacia delante y se coloca por dentro de la articulación del codo en un *túnel formado por los dos fascículos de origen del músculo flexor cubital del carpo*, por el que llega al antebrazo.

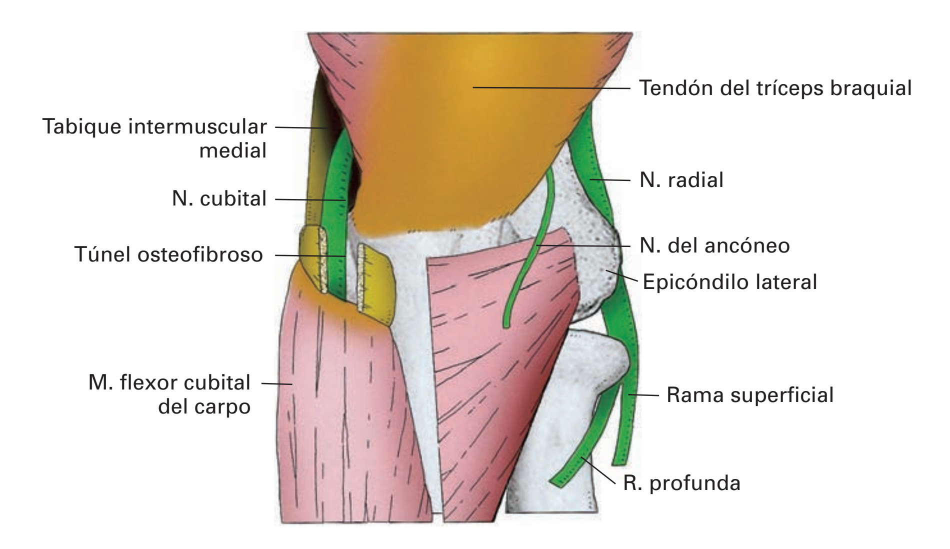


Figura 17-20. Visión posterior del codo mostrando el trayecto del nervio cubital. La lámina fibrosa entre el epicóndilo medial y el olécranon ha sido seccionada para permitir ver el paso del nervio.

Segmento antebraquial. En **la región antebraquial anterior** el nervio ocupa una posición muy interna, en compañía de la arteria cubital. Desciende por delante del flexor profundo de los dedos protegido por delante y por dentro por el músculo flexor cubital del carpo.

En la parte distal del antebrazo, a medida que el flexor cubital del carpo se hace tendinoso, el nervio se torna superficial y se dispone inmediatamente por fuera de este tendón por delante del pronador cuadrado.

Segmento carpiano. Finalmente, el nervio pasa por un compartimento osteofibroso muy superficial (*canal de Guyon*)[3] comprendido entre el psiforme por dentro, el retináculo flexor por detrás y una lámina fibrosa que salta desde el psiforme al palmar largo por delante; esta lámina está reforzada por la fascia antebraquial. La arteria cubital es lateral al nervio.

Territorio de distribución (Fig. 17-19)

En la mano el nervio emite dos **ramas terminales**: el **ramo profundo**, de carácter fundamentalmente motor, y el **ramo superficial**. A lo largo de su trayecto da diversas **ramas colaterales**.

Motor

Ramas colaterales

En el antebrazo da **ramos musculares** para el **flexor cubital del carpo** y los dos **fascículos internos del flexor profundo de los dedos**.

Ramas terminales

El **ramo profundo** se desprende del cubital por delante del retináculo flexor y se introduce en la eminencia hipotenar entre el separardor corto y el flexor corto, por delante del oponente. Perfora a este último y, contorneando la apófisis unciforme, se dirige hacia fuera pasando a la región profunda de la palma de la mano en compañía del arco palmar profundo. Da ramas motoras para **los músculos de la eminencia hipotenar (separador corto del meñique, flexor corto del meñique, oponente del meñique), los músculos interóseos dorsales y palmares, los dos lumbricales más internos, el aproximador corto del pulgar y el fascículo profundo del flexor corto del pulgar**.

La rama terminal superficial (véase más adelante) da un fino ramo para **el músculo palmar corto**.

Sensitivo (Fig. 17-25)

El territorio sensitivo cutáneo del nervio cubital comprende la piel de la palma de la mano y de los dedos por dentro de una línea que pase por el cuarto dedo, y la piel del dorso de la mano y los dedos situada por dentro de una línea que pase por el dedo medio, con excepción del dorso de las falanges segunda y tercera del tercer dedo y la mitad externa del cuarto.

Ramas terminales

El **ramo superficial** penetra en la mano cubierto por la fascia hipotenar y el músculo palmar corto. Se divide en dos ramas, el **nervio digital palmar propio del meñique** y el **nervio digital palmar común del cuarto espacio**. El **nervio digital palmar propio del meñique** discurre por delante del flexor corto y el separador corto, y continúa por la parte interna de este dedo hasta su extremo. El **ner-**

[3] Felix Guyon (1831-1920), cirujano francés; contribuyó, especialmente, al desarrollo de la urología.



Figura 17-21. Paciente con parálisis del nervio cubital. Obsérvese la atrofia de los músculos interóseos (signo de la parrilla).

vio digital palmar común cruza por delante de los tendones flexores largos del quinto dedo, bajo la aponeurosis palmar y alcanza el cuarto espacio interóseo; en la raíz de los dedos emite **los nervios digitales palmares propios**, que siguen el flanco lateral del meñique y el flanco medial del cuarto dedo. Mediante esta rama, el cubital inerva la región de la palma de la mano y de los dedos que queda por dentro de un eje que pase por el cuarto dedo.

Ramas colaterales (Fig. 17-19, 17-23)

El **ramo dorsal del nervio cubital** se origina en la parte distal del antebrazo, desciende hacia la región dorsal de la muñeca pasando bajo el tendón del flexor cubital del carpo, perfora la fascia antebraquial y se desliza hacia el dorso de la mano por detrás de la cabeza del cúbito, donde es posible palparlo. Termina dando **tres nervios digitales dorsales**: uno sigue el borde interno del meñique; otro sigue sobre el cuarto espacio interóseo y da las colaterales lateral del meñique y medial del cuarto dedo; y el tercero sigue sobre el tercer espacio inteóseo y da las colaterales lateral del cuarto dedo y medial del tercer dedo. En definitiva, si se traza en el dorso de la mano una línea que siga por el medio del tercer dedo, mediante este nervio, el cubital inerva la piel de la mitad dorsal interna (excepto el dorso de las falanges media y distal de la mitad interna del tercer dedo y la mitad externa del cuarto dedo).

El **ramo palmar del nervio cubital** (muy variable en tamaño y distribución) nace en la parte más distal del antebrazo, perfora la fascia, pasa por delante del retináculo flexor y contribuye a inervar la zona cubital de la palma de la mano. Da un *ramo vascular* a la arteria cubital.

El cubital emite *ramas articulares* que contribuyen a inervar la *articulación* del codo, de la mano y de los dedos correspondientes.

La parte posterointerna del codo es inervada por ramitos articulares que se desprenden por detrás de la epitróclea.

La cara posterior de la articulación de la mano y de las carpometacarpianas está inervada por filetes del ramo cutáneo dorsal.

Las articulaciones interfalángicas de los dedos cuarto y quinto lo están por los nervios digitales correspondientes.

El cubital da *ramos vasculares vegetativos* para la arteria cubital y el arco palmar profundo.

Lesiones

Las lesiones del cubital son frecuentes. Suceden en las fracturas del codo que afectan a la epitróclea, en artritis del codo y compresiones («atrapamiento») en el canal de Guyon. La presión en el canal epitrocleoolecraneano por un apoyo muy continuo sobre los codos, o golpes en la mesa, provocan trastornos sensitivos, incluso neuralgias, en el territorio cutáneo del nervio.

Déficit motor. La parálisis de los músculos cortos de la mano altera gravemente los movimientos de los cuatro últimos dedos y dificulta la oposición del pulgar. Movimientos cotidianos que se realizan con las manos están seriamente afectados.

A consecuencia de la parálisis de los interóseos y de los dos lumbricales más internos, la mano adopta una actitud denominada «mano en garra». Estos músculos flexionan las falanges proximales y extienden las otras dos. Al estar lesionados, las falanges proximales están en hiperextensión y las medias y distales en flexión por predominar el tono de los antagonistas (extensor de los dedos y flexor superficial de los dedos). El efecto es más notable en los dedos cuarto y quinto, y menor en los dedos segundo y tercero, ya que se conserva la acción de los lumbricales más externos (mediano). Si la parálisis es duradera, se atrofian los interóseos y se marcan los relieves de los metacarpianos («signo de la parrilla»); la eminencia hipotenar está también atrofiada (Fig. 17-21).

En la exploración, el médico puede apreciar gran dificultad para separar y aproximar los cuatro últimos dedos por parálisis de los interóseos y alteración del movimiento de oposición del pulgar por parálisis del aproximador corto. Esta afectación da lugar al *signo de Froment*: si se ordena al paciente pinzar un papel entre el pulgar y el índice, lo hace con el pulgar flexionado en la articulación interfalángica, ya que tiene que emplear los músculos flexores; un sujeto normal lo realiza con el pulgar en extensión, pues la fuerza del aproximador corto es suficiente para sujetar el papel. La parálisis del flexor cubital del carpo debilita la flexión de la mano e impide el movimiento de inclinación cubital.

Déficit sensitivo. La anestesia que se puede encontrar en el territorio cutáneo es variable en extensión; casi siempre se observa en la parte cubital del dorso de la mano y de los dedos quinto y cuarto.

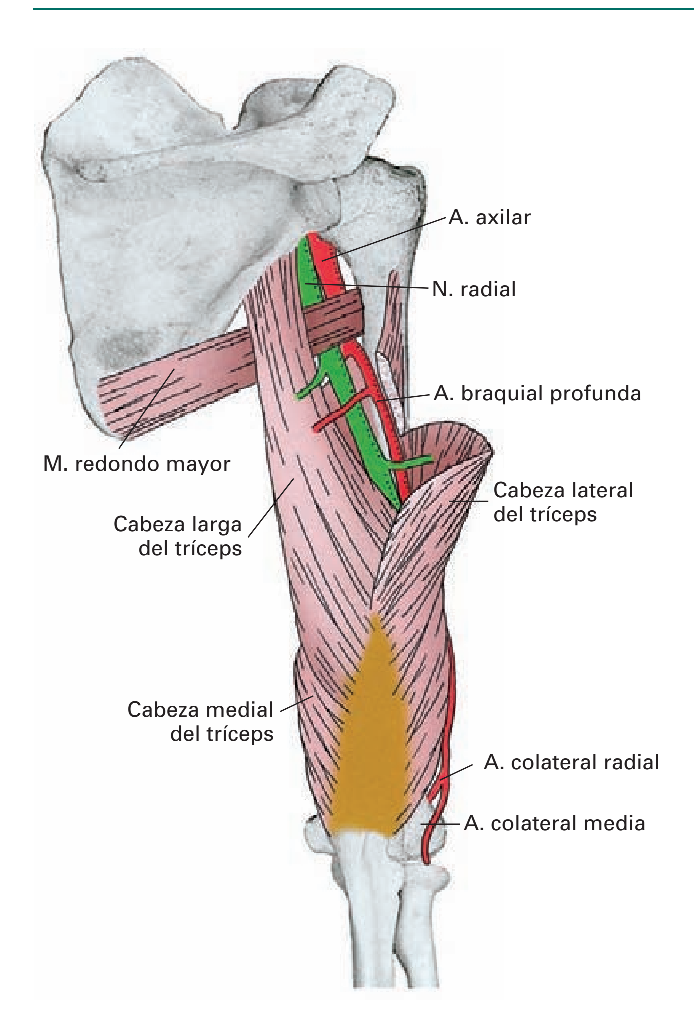


Figura 17-22. Visión posterior del brazo para mostrar el trayecto del nervio radial. La cabeza lateral del tríceps ha sido seccionada y reclinada.

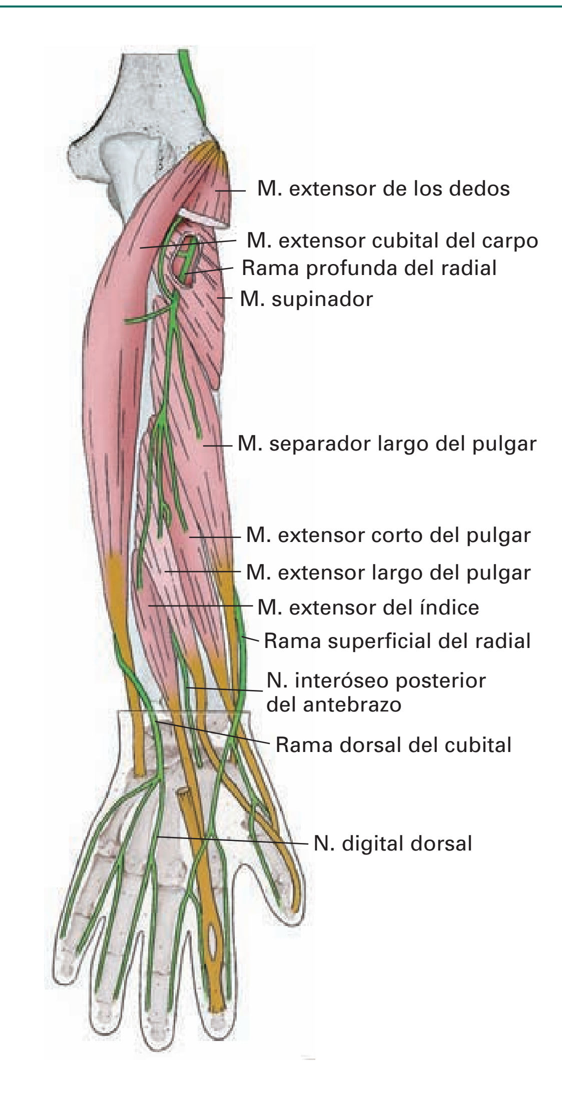


Figura 17-23. Visión posterior del antebrazo y de la mano para mostrar la rama profunda del radial y las ramas sensitivas del dorso de la mano. El músculo extensor de los dedos ha sido eliminado.

NERVIO RADIAL

El **nervio radial** es la continuación del fascículo posterior del plexo braquial. Todas las raíces nerviosas del plexo (C5 a T1) contribuyen a su formación.

Situación y trayecto (Figs. 17-22, 17-23 y 17-24)

Tras un corto recorrido en la axila (segmento axilar), sale de ésta por la hendidura humerotricipital y penetra en la región braquial posterior (segmento braquial), bordeando el húmero alcanza el canal bicipital lateral (segmento del codo) donde termina emitiendo sus dos ramas terminales, la rama superficial (sensitiva) y la rama profunda (motora), que descienden por el antebrazo.

Segmento axilar. En el hueco de la **axila**, el nervio radial se sitúa por detrás de la arteria axilar, inmediatamente por delante de los músculos de la pared posterior de esta región, en particular de los músculos subescapular, redondo mayor y terminación del dorsal ancho. Sale de la axila bajo el tendón del dorsal ancho por *la hendidura humerotricipital*, comprendida entre la porción larga del tríceps y el húmero, y pasa al brazo.

Segmento braquial. El nervio ocupa la **región braquial posterior** por la que desciende oblicuamente hacia fuera apoyado sobre el canal de torsión o surco del nervio radial del húmero, cubierto por detrás por la porción larga y el vasto externo del tríceps. Contornea el borde externo del húmero, perfora el tabique intermuscular lateral y alcanza el codo. En este trayecto está acompañado de los vasos braquiales profundos.

Segmento de la fosa del codo. El nervio desciende por el **canal bicipital lateral**, en posición muy profunda, apoyado sobre el braquial y muy cubierto por el braquiorradial. A la altura de la cabeza del radio, el nervio se divide en sus dos **ramas terminales, superficial** y **profunda**.

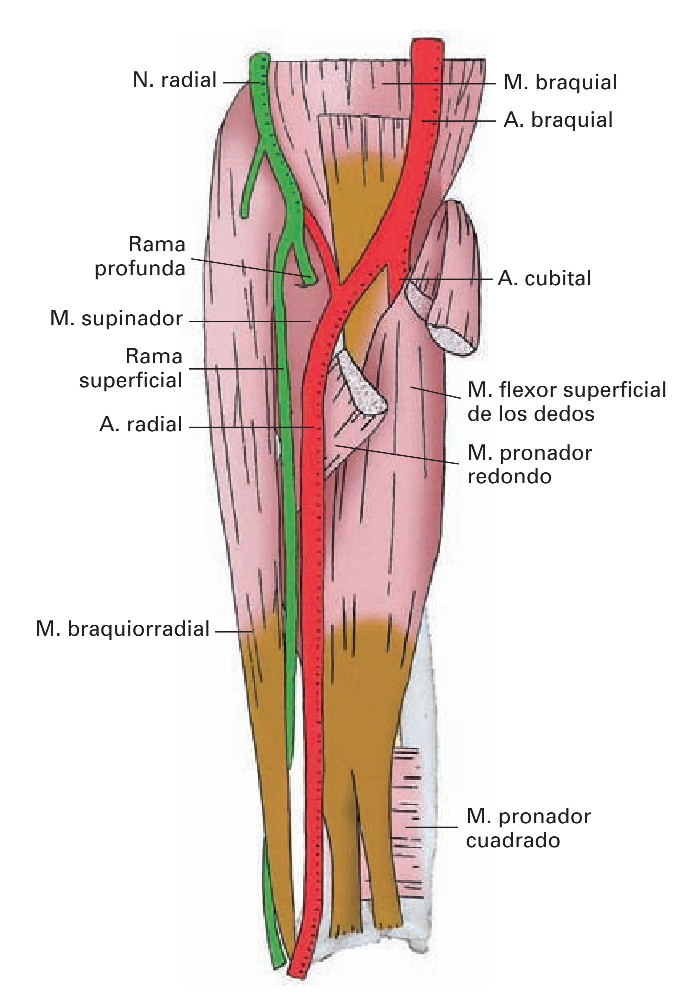


Figura 17-24. Representación esquemática del trayecto de las ramas terminales del nervio radial.

Territorio de distribución

Motor

Ramas colaterales

En el brazo da **ramos musculares** para el **tríceps braquial** y el **ancóneo**.

El nervio de la porción larga del tríceps suele nacer en la axila; los vastos suelen recibir un ramo superior y otro inferior; el ramo inferior del vasto medial da un ramo que, siguiendo el espesor del músculo, alcanza el ancóneo

En el canal bicipital lateral da ramos para el **braquiorradial** y los **extensores radiales largo** y **corto del carpo**.

Ramas terminales (Fig. 17-23)

La **rama profunda** *(rama posterior*), fundamentalmente motora, se desprende del radial a nivel de la interlínea articular, perfora el **supinador**, al que inerva, contornea por fuera el cuello del radio y pasa a la región antebraquial posterior, situándose entre el plano de los músculos extensores superficiales y el de los músculos profundos de esta región. A medida que desciende, emite **ramos musculares** para todos los músculos de la región: **extensor cubital del carpo, extensor de los dedos** y **extensor del meñique** en el plano superficial, y, en el plano profundo, los músculos **separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor del índice**. El nervio se agota emitiendo el **nervio interóseo posterior del antebrazo** que desciende por detrás de la membrana interósea hasta el dorso del carpo (véase más adelante).

Sensitivo (Fig. 17-25)

El territorio cutáneo del radial comprende una extensa zona desde el hombro a los dedos que interesa al dorso y la parte externa del brazo y del codo, la parte posterior del antebrazo y la mitad externa de la mano y de los dedos, con excepción de las falanges medias y distales de los dedos segundo y tercero.

Rama terminal (Figs. 17-23 y 17-24)

La **rama superficial** (*rama anterior*) penetra en la parte externa de la **región antebraquial anterior** siguiendo siempre por dentro del músculo braquiorradial. Pasa por delante del supinador, el pronador redondo, el flexor largo de los dedos y el flexor largo del pulgar. Es satélite de la arteria radial. En el tercio distal del antebrazo pasa bajo el tendón del braquiorradial y se dirige hacia el dorso del antebrazo; perfora la fascia y alcanza el dorso de la mano sobre la tabaquera anatómica dividiéndose en los **nervios digitales dorsales**, de comportamiento variable.

Generalmente, hay **cuatro nervios digitales dorsales**. El *primero* sigue la cara externa del pulgar y la zona adyacente de la eminencia tenar; el *segundo* sigue la cara interna del pulgar; el *tercero* camina sobre el primer espacio interóseo y se continúa por el borde lateral del dedo índice; el *cuarto* sigue sobre el segundo espacio interóseo y llegado a la raíz de los dedos se divide en dos ramas para la superficie interna del segundo dedo y la externa del tercer dedo.

En suma, la rama superficial del radial inerva la piel del dorso de la mano y de los dedos en un territorio situado por fuera de una línea longitudinal que pase por el dedo medio, con excepción del dorso de las falanges media y distal del segundo y tercer dedo (Fig. 17-25).

Ramas colaterales

El **nervio cutáneo posterior del brazo** (*nervio cutáneo interno*) es un pequeño ramo que nace en la axila, perfora la fascia braquial por debajo del pliegue axilar posterior y se distribuye en la piel de la superficie posterior del brazo en su porción proximal.

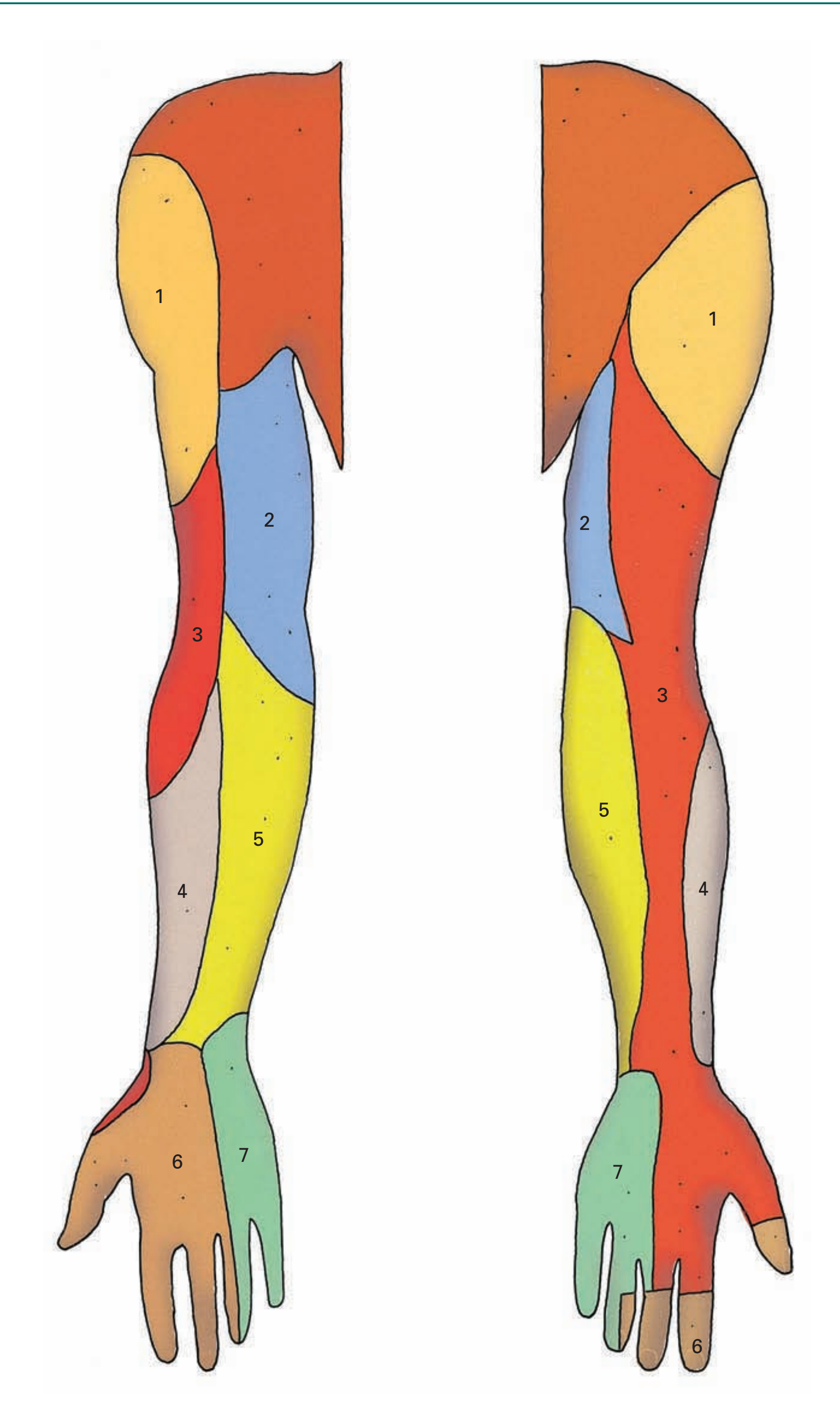


Figura 17-25. Territorios tronculares de inervación cutánea de los nervios de la extremidad superior derecha. Compárese con los territorios de las raíces nerviosas (dermatomas) de la Figura 17-7. 1) Axilar. 2) Cutáneo medial del brazo. 3) Radial. 4) Musculocutáneo. 5) Cutáneo medial del antebrazo. 6) Mediano. 7) Cubital.

El **nervio cutáneo lateral inferior del brazo** (*rama cutánea del brazo*) nace en el canal radial, atraviesa con frecuencia el vasto lateral y se hace superficial por debajo del deltoides; se distribuye por la piel de la parte posterior y externa del brazo y del codo.

El **nervio cutáneo posterior del antebrazo** (*rama cutánea externa*) se origina también a la salida del canal radial, a veces de un tronco común con el anterior, perfora la fascia braquial por fuera del tríceps a un nivel variable por encima del epicóndilo, y desciende por la cara poste-

rior del antebrazo hasta la muñeca. Inerva la piel de la cara posterior del antebrazo en una franja vertical comprendida entre los territorios del musculocutáneo y del cutáneo medial del antebrazo.

El radial contribuye a inervar las *articulaciones* del codo, de la mano y de los dedos.

En el codo inerva la cara externa y posterior por filetes que se desprenden en el canal bicipital externo.

El nervio interóseo posterior del antebrazo inerva el dorso de la articulación de la mano y de las articulaciones carpometacarpianas.

Los nervios digitales dorsales contribuyen a inervar las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas de su territorio.

El radial emite *ramos vasculares vegetativos* para las arterias braquial profunda y radial.

Lesiones

El radial puede afectarse de forma grave en las fracturas de la diáfisis humeral que provocan la desviación de un fragmento óseo hacia atrás a la altura del canal radial y en las luxaciones de la cabeza humeral, así como, al tratar de reducir estas lesiones. El nervio puede verse comprimido a su salida de la axila por el uso de muletas o por posiciones inadecuadas del brazo durante el sueño (frecuentes en los borrachos).

Déficit motor. Se produce una parálisis de los músculos extensores del codo, de la mano y de las falanges distales de los dedos, así como una debilidad de la supinación (supinador) y una alteración de la motilidad del pulgar.

En la observación, el médico aprecia una actitud de la extremidad superior que se caracteriza por lo siguiente: la mano y los dedos, incluido el pulgar, cuelgan flexionados y la palma de la mano se encuentra excavada («mano de cisne»); el codo aparece ligeramente flexionado y el antebrazo está en pronación. Esta posición es consecuencia del predominio de los músculos antagonistas sobre los paralizados.

En la exploración se observa incapacidad para realizar la extensión del codo contra la gravedad (parálisis del tríceps), no se puede realizar la extensión de la muñeca ni sus movimientos de lateralidad (parálisis del cubital posterior y dos radiales), la supinación es débil e imposible con el brazo estirado —debe recordarse que la supinación con el codo en flexión se efectúa con la ayuda del bíceps, que no está afectado—, la extensión de las falanges distales de los dedos es imposible (parálisis del extensor común de los dedos), pero se conservan la de las falanges proximal y media, ya que éstas dependen de los interóseos y lumbricales, la extensión del pulgar es imposible y la separación es débil (parálisis de los extensores largo y corto del pulgar y del separador largo).

El reflejo tricipital (extensión del brazo al golpear sobre el tendón del tríceps) está suprimido.

Déficit sensitivo: anestesia en el territorio cutáneo correspondiente del brazo, cara posterior del antebrazo y parte externa del dorso de la mano.

Debe tenerse presente que incluso en las lesiones radiales producidas en el brazo, se puede conservar la función del tríceps braquial, pues este recibe ramas de origen alto, incluso axilar.

Anastomosis de los nervios terminales del plexo braquial

El nervio mediano presenta anastomosis: *a*) con el nervio musculocutáneo en el brazo, *b*) con el cubital en el tercio medio del antebrazo y en la palma de la mano (**ramo comunicante con el nervio cubital**), y *c*) con el nervio radial en el dorso de los dedos pulgar, índice y medio (entre los ramos dorsales del radial y los ramos digitales palmares propios del mediano).

El nervio cubital, además de con el mediano, se anastomosa: *a*) con el radial en el dorso de la mano, y *b*) con el cutáneo medial del antebrazo mediante el ramo cutáneo palmar.

NERVIOS INTERCOSTALES

Los **nervios intercostales** son las ramas ventrales de los nervios torácicos. Están destinados a inervar la musculatura del tórax y el abdomen, la piel de estas regiones, así como la pleura y el peritoneo parietal. Los seis primeros nervios caminan por los espacios intercostales y los cinco siguientes (7.º a 11.º) lo hacen primero por los espacios intercostales y luego por la pared abdominal. El último nervio intercostal transita bajo la última costilla y recibe el nombre de **nervio subcostal**.

Ramos comunicantes

Los nervios intercostales se unen mediante los ramos comunicantes gris y blanco con el ganglio simpático correspondiente de la cadena torácica laterovertebral. El primer nervio intercostal se une al ganglio cervicotorácico.

Situación y trayecto (Figs. 15-71, 17-26)

a) Los **seis primeros nervios intercostales** discurren por la parte superior del espacio intercostal correspondiente. Primero avanzan entre la fascia endotorácica —que los separa de la pleura— y la membrana intercostal interna; luego se sitúan bajo el canal subcostal entre los músculos intercostales interno e íntimo. A nivel de la línea axilar anterior, ausente ya el intercostal íntimo, el nervio aparece otra vez en la proximidad de la pleura, entre la fascia endotorácica y el músculo intercostal interno; cerca del esternón pasa por delante del músculo transverso torácico y de la arteria torácica interna.

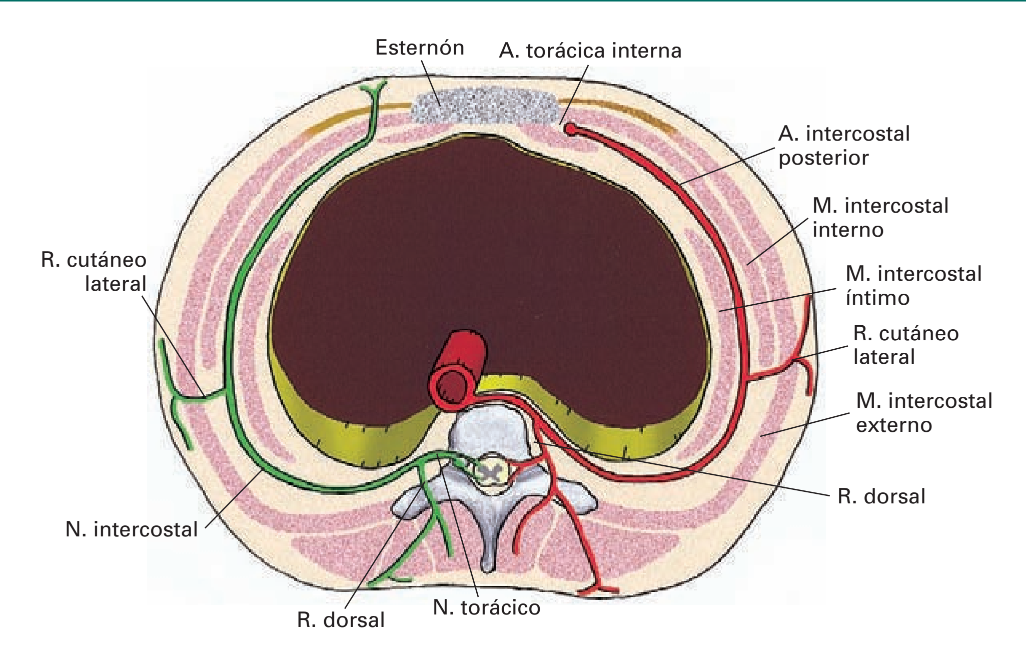


Figura 17-26. Esquema de una sección transversal del tórax para mostrar el trayecto de un nervio intercostal.

En este trayecto se acompañan de los vasos intercostales formando el pedículo vasculonervioso intercostal, (Fig. 15-49) el cual se dispone de arriba abajo de la manera siguiente: vena, arteria y nervio (el estudiante puede recordarlo con la palabra VAN).

b) Los **nervios intercostales 7.º** a **11.º** son *nervios toracoabdominales*, pues tienen primero un trayecto semejante a los anteriores por los espacios intercostales, pero, llegados al reborde costal, pasan entre las inserciones costales del transverso abdominal y del diafragma para dirigirse hacia delante en el espesor de la pared del abdomen. Caminan entre el músculo transverso y el oblicuo interno hasta la vaina del recto (Fig. 15-71).

c) El **nervio subcostal** transita bajo la 12.ª costilla, primero por detrás del seno pleural costodiafragmático; luego aparece en la pared posterior del abdomen por debajo del ligamento arqueado lateral y se dirige hacia fuera por delante del cuadrado lumbar y por detrás de la grasa retrorrenal del espacio retroperitoneal. Atraviesa el músculo transverso del abdomen y camina entre éste y el oblicuo interno hasta la vaina del recto, a la que alcanza en el punto medio entre el ombligo y el pubis.

Territorio de distribución

Motor

Los nervios intercostales dan ramos motores para los **músculos intercostales externo, interno** e **íntimo, triangular del esternón, elevadores de las costilla** y **subcostales**. Además, los seis últimos nervios (incluido el subcostal) inervan mediante ramos cortos los músculos **oblicuos externo, interno, transverso** y **recto abdominal**.

Los intercostales 2.º a 4.º dan ramas al **músculo serrato posterior superior**, y los intercostales 9.º a 11.º inervan el **músculo serrato posterior inferior**. El nervio subcostal da un ramo para el **piramidal**.

Sensitivo

1) *Serosas*. Los seis primeros nervios dan ramos profundos muy finos para la pleura parietal y los seis últimos inervan el peritoneo parietal que reviste la pared anterolateral del abdomen.

2) *Articular*. De los intercostales se desprenden, antes de entrar en el espacio intercostal, finos ramos para las articulaciones costovertebrales.

3) *Cutáneo*. La inervación de la piel de las paredes del tórax y del abdomen tiene lugar mediante **ramos perforantes cutáneos**. Estos ramos son de dos tipos: **ramos cutáneos laterales** y **ramos cutáneos anteriores**. El territorio de estos nervios se corresponde con el territorio de la raíz nerviosa correspondiente (dermatoma), distribuyéndose en bandas horizontales a lo largo del tronco. Los dos primeros nervios intercostales extienden su territorio a la extremidad superior.

Los dermatomas del tronco contiguos están superpuestos, de ahí que la afectación de un solo nervio intercostal pueda no manifestarse por anestesia segmentaria.

Los **ramos cutáneos laterales** (*ramos perforantes laterales*) son nervios relativamente gruesos que perforan el espacio intercostal y aparecen, en el caso de los seis primeros, a nivel de las digitaciones del serrato anterior y, en el caso de los seis últimos, a través de las digitaciones de ori-

gen del músculo oblicuo externo del abdomen. Cada ramo se divide en un *ramo anterior* y otro *posterior*, que se distribuyen por la franja cutánea corespondiente de la pared anterolateral del tórax y del abdomen.

Los ramos anteriores de los nervios cutáneos laterales 4.º a 6.º se extienden hacia la piel de la mama (**ramos mamarios laterales**); el pezón está inervado generalmente por el 5.º nervio intercostal.

Los **ramos cutáneos anteriores** (*ramos perforantes anteriores*) representan, para algunos autores, las ramas terminales de los nervios intercostales. Los procedentes de los seis primeros nervios salen hacia la piel a los lados del esternón. Los ramos de los nervios 2.º a 4.º dan **ramos mamarios mediales**. Los procedentes de los seis últimos intercostales (incluido el subcostal) se originan a los lados de la vaina del recto abdominal. Dan un *ramo lateral* que perfora la pared por fuera de la vaina y un *ramo medial* que pasa por detrás del músculo, en su vaina, y emerge en la línea alba.

Características particulares de algunos nervios

El **1.er nervio intercostal** no es la continuación directa de la rama ventral del primer nervio torácico. En realidad, esta rama se bifurca en una rama superior y otra inferior. La rama superior, verdadera continuación del nervio, forma parte del plexo braquial anastomosándose con el 8.º nervio cervical por encima de la primera costilla y formar el tronco primario inferior de ese plexo. La rama inferior, mucho más delgada, parece una colateral de la anterior, y constituye el 1.er nervio intercostal. Este nervio, en ocasiones, carece de ramas cutáneas.

El **2.º nervio intercostal** emite, en sustitución de su rama cutánea lateral, el **nervio intercostobraquial**. Este nervio perfora la parte alta del serrato anterior, entra en la axila y se anastomosa con el nervio cutáneo medial del brazo, rama del plexo braquial, contribuyendo a inervar el mismo territorio. Da ramos para la pared del tórax y la base de la axila. En ocasiones, el nervio intercostobraquial recibe fibras del tercer nervio intercostal.

El **nervio subcostal** contribuye con frecuencia a la formación del plexo lumbar mediante una anastomosis con el 1.er nervio lumbar. Su rama cutánea lateral (**rama glútea**) desciende hasta la cresta ilíaca, a la que sobrepasa externamente para distribuirse por una franja cutánea de la región glútea hasta el trocánter mayor.

Lesiones

La lesión de los nervios intercostales puede provocar una parálisis, generalmente parcial, de la pared abdominal. La afectación de un solo nervio suele compensarse por las uniones con los vecinos. Si la parálisis es unilateral, el ombligo está desviado hacia el lado sano.

Herpes zóster. Es una enfermedad infecciosa aguda producida por el virus de la varicela-zóster que afecta a los ganglios sensitivos, muy especialmente a los torácicos. Hay dolor muy intenso en el dermatoma correspondiente, en el que, al cabo de pocos días, aparecen vesículas (lo que suele ayudar al diagnóstico). El herpes zóster puede afectar también a otros ganglios, como el ganglio geniculado y el ganglio del trigémino.

Infiltraciones. En casos de fisuras o fracturas de costillas se puede proceder a infiltrar un anestésico local alrededor del nervio intercostal correspondiente. A diferencia de las punciones pleurales, aquí la aguja de la jeringa debe introducirse dejándola resbalar bajo el borde inferior de la costilla afectada; de este modo, nada más atravesar la piel, se difunde el anestésico sobre el paquete intercostal.

PLEXO LUMBAR

El **plexo lumbar** resulta de la unión de las ramas ventrales de los **cuatro primeros nervios lumbares (L1** a **L4)** y, en la mitad de los casos, de una anastomosis del **último nervio torácico (T12)**. El plexo se distribuye por zonas de la pared abdominal, los genitales externos y el miembro inferior.

Formación (Fig. 17-27)

No hay un modelo uniforme de constitución del plexo lumbar, pues las variaciones son frecuentes; lo que más le define, además de sus ramas de origen, es la constancia de sus ramas terminales.

El primer nervio lumbar recibe (50 %) una rama anastomótica de T12 y emite dos ramas terminales, los **nervios iliohipogástrico** e **ilioinguinal**.

El primero y el segundo nervio lumbar dan, cada uno, una raíz que, al converger, forman el **nervio genitofemoral**.

Los nervios lumbares segundo a cuarto emiten, cada uno, una raíz anterior y otra posterior. Las *raíces anteriores*, delgadas, se fusionan para formar el **nervio obturador**. Las *raíces posteriores*, gruesas, se unen para constituir el **nervio femoral**.

Los nervios lumbares segundo y tercero dan, además, dos raíces que, al fusionarse, dan origen al **nervio cutáneo femoral lateral**.

Cada uno de los nervios lumbares está unido a la cadena simpática lumbar por uno o varios **ramos comunicantes grises** que pasan bajo los arcos de inserción del psoas. Los dos primeros nervios lumbares están unidos a la cadena lumbar por un **ramo comunicante blanco**.

Variaciones. Las ramas del plexo pueden estar anastomosadas de muy diversas maneras. Puede existir (1/3 de casos) un **nervio obturador accesorio**, delgado, procedente de los nervios lumbares tercero y cuarto.

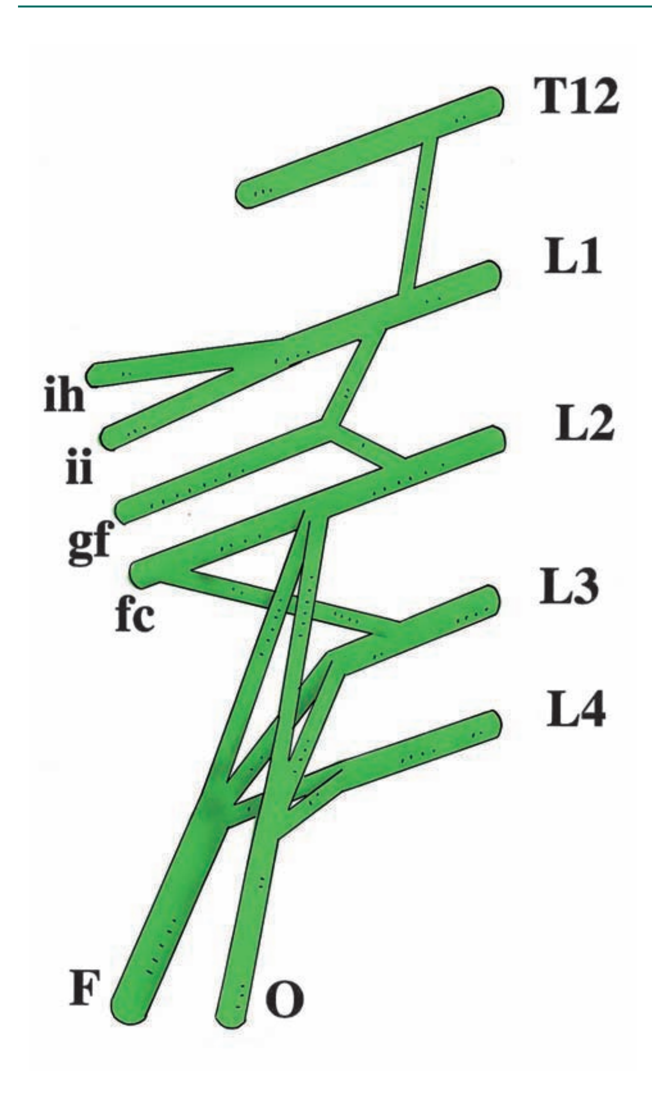


Figura 17-27. Formación del plexo lumbar. Nervio iliohipogástrico (ih); nervio ilioinguinal (ii); nervio genitofemoral (gf); nervio cutáneo femoral lateral (fc); nervio femoral (F); nervio obturador (O).

Situación (Fig. 17-28)

El plexo se sitúa en el interior del músculo psoas mayor en la pared posterior del abdomen. En el psoas ocupa el espacio celuloso («estuche del psoas») comprendido entre las dos porciones de origen del músculo, la porción que se inserta en los cuerpos vertebrales y la que se inserta en las apófisis costiformes.

En este espacio, el plexo se relaciona con la vena lumbar ascendente y con las arterias lumbares.

Distribución

El plexo emite **ramas colaterales**, destinadas a los músculos **cuadrado lumbar** (L1 a L3) y **psoas mayor** (L2 y L3), y **ramas terminales**.

RAMAS TERMINALES (Fig. 17-28)

Las ramas terminales del plexo lumbar presentan unas *características generales* en relación con la emergencia del músculo psoas y con los puntos de salida de la pelvis.

a) Emergencia del psoas: por el borde externo del psoas salen los nervios iliohipogástrico, ilioinguinal, cutáneo femoral lateral y femoral; por la superficie anterior del músculo sale el genitofemoral; por el borde interno emerge el obturador.

b) Salida de la pelvis: los nervios terminales del plexo escapan de la cavidad pélvica por diversos puntos: el conducto inguinal, la laguna vascular y el canal obturador. Cualquiera de ellos es zona de salida de posibles hernias que pueden afectar a los nervios.

Nervios iliohipogástricos e ilioinguinal (Figs. 19-71 y 17-28)

El **nervio iliohipogástrico** (*nervio abdominogenital mayor*) y el **nervio ilioinguinal** (*nervio abdominogenital menor*) tienen un trayecto y una distribución semejantes. Se originan en L1 y, eventualmente (50 % de casos), en T12. Emergen por el borde externo del psoas y se dirigen hacia fuera y hacia abajo llevando un trayecto paralelo, el iliohipogástrico por encima del ilionguinal. Caminan en la grasa retrorrenal por delante del músculo cuadrado lumbar, perforan el transverso del abdomen y avanzan entre éste y el oblicuo interno hasta, aproximadamente, la altura de la espina ilíaca anterosuperior, punto a partir del cual siguen un trayecto algo diferente. Dan *ramos motores* para los **músculos anchos del abdomen** y *ramos sensitivos.*

El nervio iliohipogástrico da un ramo cutáneo lateral y un ramo cutáneo anterior. El **ramo cutáneo lateral** atraviesa los oblicuos y se distribuye por la parte externa de la región glútea. El **ramo cutáneo anterior** continúa el trayecto del nervio entre el oblicuo interno y la fascia del oblicuo externo; por encima del anillo inguinal externo perfora la fascia y se distribuye por la piel suprainguinal y púbica.

El nervio ilioinguinal atraviesa el músculo oblicuo interno y penetra en el conducto inguinal, discurriendo por debajo del cordón espermático o el ligamento redondo; sale por el anillo inguinal superficial y se distribuye por los genitales externos y la parte vecina de la cara interna del muslo; en la mujer, por el monte del pubis y los labios mayores (**nervios labiales anteriores**), y, en el varón, por la piel de la raíz del pene y de la superficie anterior del escroto (**nervios escrotales anteriores**).

Nervio genitofemoral (Figs. 17-28 y 17-29)

El **nervio genitofemora**l (*nervio genitocrural*) procede de la fusión de dos ramas de los nervios L1 y L2. Perfora el

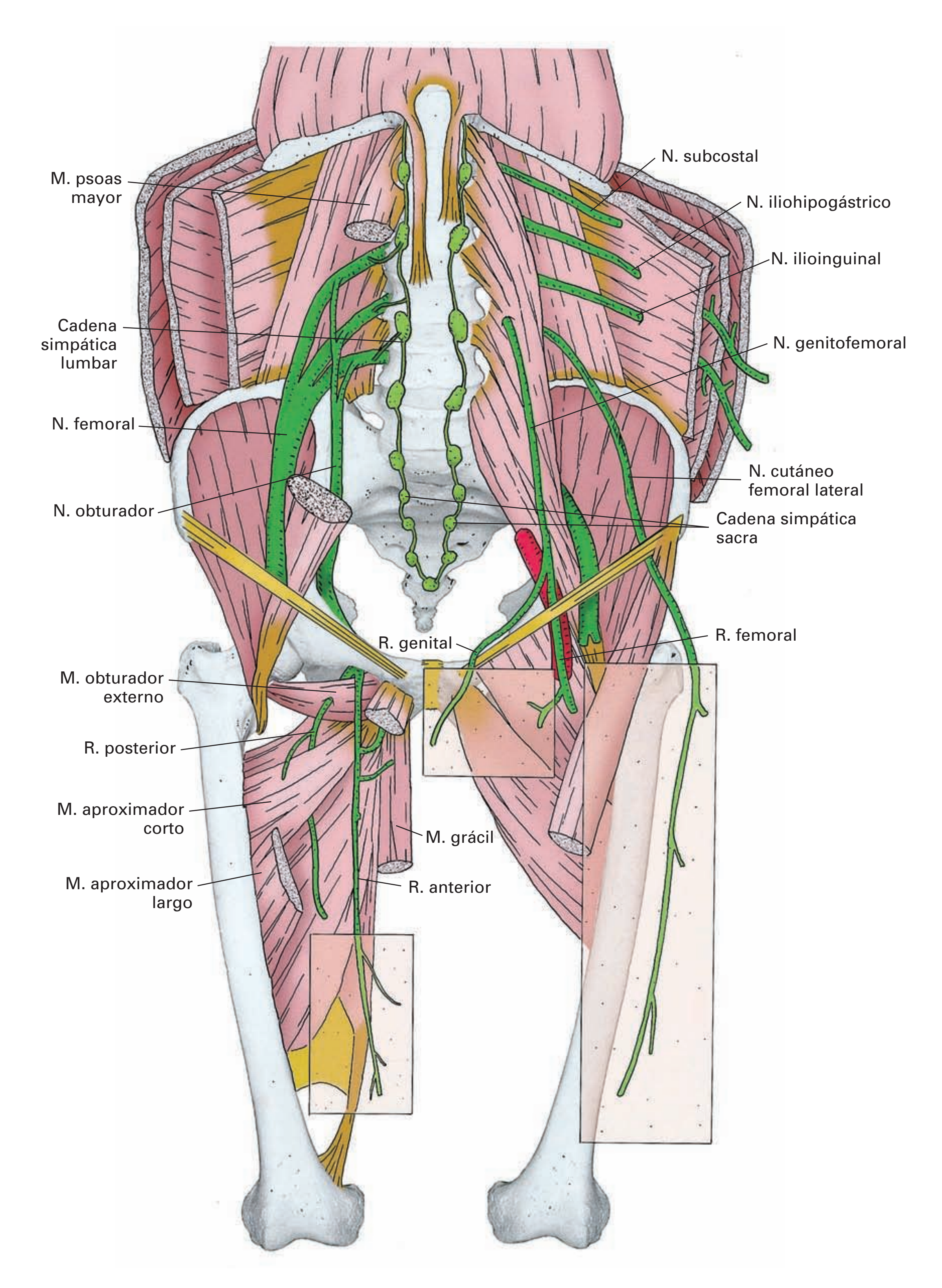


Figura 17-28. Representación esquemática de las ramas del plexo lumbar. En el lado derecho se ha seccionado el psoas mayor para observar la disposición de las ramas del plexo. Los recuadros indican territorios cutáneos.

psoas y desciende aplicado a su superficie anterior cubierto por la fascia del músculo. El uréter y los vasos gonadales lo cruzan por delante. Siempre tapizado por el peritoneo parietal, se dirige hacia el ligamento inguinal por fuera de los vasos ilíacos comunes y externos. En un punto muy variable, se divide en una rama genital y otra femoral.

La **rama genital** penetra por el anillo inguinal profundo en el interior del conducto inguinal, el cual recorre en compañía del cordón espermático o del ligamento redondo, y sale por el anillo inguinal superficial. Se distribuye en el varón por el **músculo cremáster** y la piel del escroto; en la mujer inerva los labios mayores.

La **rama femoral** se introduce por la laguna vascular en el triángulo femoral, inmediatamente por fuera de la arteria femoral y contenida en su vaina. Enseguida perfora la vaina y la fascia crural (hiato safeno) y se distribuye por la piel del triángulo femoral (Fig. 17-40).

Nervio cutáneo femoral lateral (Fig. 17-28)

El **nervio cutáneo femoral lateral** (*nervio femorocutáneo*) se forma por la fusión de dos ramas procedentes de L2 y L3. Aparece por el borde externo del psoas mayor, se dirige hacia fuera y hacia abajo sobre el músculo ilíaco, cubierto por su fascia, y pasa al muslo por la escotadura innominada comprendida entre las dos espinas ilíacas anteriores atravesando el ligamento inguinal o por debajo del mismo; en este caso, ocupa la parte más externa de la laguna muscular. Perfora la fascia lata y se distribuye por la piel de la parte anteroexterna del muslo, desde el trocánter mayor a la rodilla (Fig. 17-40).

Meralgia parestésica de Bernhardt o **de Roth**: es una irritación del nervio cutáneo femoral lateral que provoca dolores muy vivos en la piel de la parte externa del muslo con intenso dolor con la palpación en el punto de salida de la pelvis. Se produce por compresión del nervio al atravesar el ligamento inguinal, ya sea por uso de fajas, obesidad, microtraumatismos, etc.

Nervio obturador (Figs. 17-28 y 17-29)

El **nervio obturador** está destinado a los músculos aductores del muslo.

Se origina por la fusión de las raíces anteriores de los nervios L2, L3 y L4. Sale del «estuche del psoas» por su borde interno y se coloca por detrás de los vasos ilíacos comunes y por delante de la articulación sacroilíaca. Una vez en la pelvis, se dirige hacia delante y hacia abajo aplicado a su pared lateral por debajo del estrecho superior. Busca el surco obturador y penetrando en él emerge hacia la región obturatriz del muslo dividiéndose en dos ramas terminales, anterior y posterior.

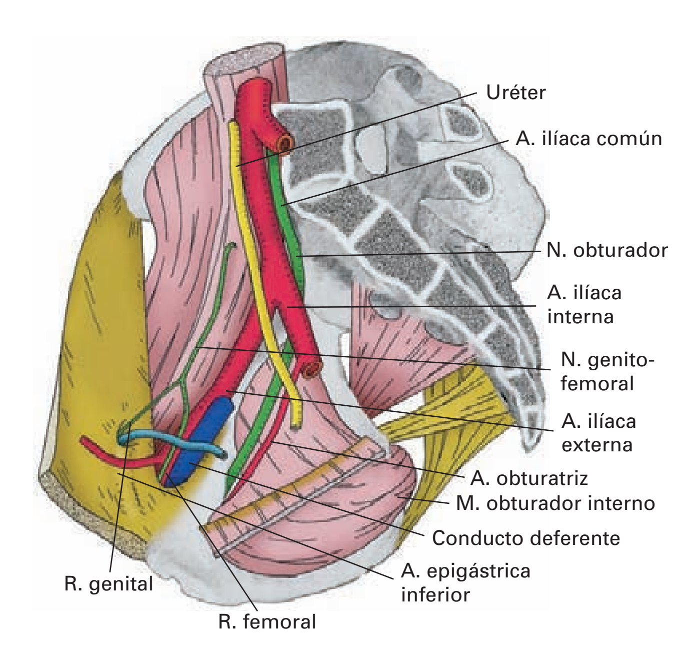


Figura 17-29. Trayecto pélvico de los nervios obturador y genitofemoral. El músculo elevador del ano ha sido seccionado.

En la pared lateral de la pelvis (espacio infraperitoneal) el nervio contrae importantes relaciones vasculares y viscerales. Adosado al músculo obturador interno, cruza por fuera los vasos ilíacos internos y el uréter; se dispone por debajo de los vasos ilíacos externos y por encima del diafragma pélvico; medialmente, el nervio entra en relación, a través del peritoneo parietal inferior, con las vísceras pélvicas. A este respecto, es importante reseñar la relación con el ovario, pues el nervio se sitúa en el fondo de la *fosita ovárica*.

En su travesía por la pared lateral de la pelvis, el nervio está acompañado de los vasos obturadores, de arriba abajo: nervio, arteria obturatriz y vena obturatriz.

La **rama posterior** atraviesa el músculo obturador externo y se desliza por el espacio conectivo comprendido entre los músculos aproximadores corto y mayor.

La **rama anterior** pasa entre el obturador externo por detrás y el pectíneo por delante, y se desliza caudalmente por el espacio conectivo comprendido entre los aproximadores corto y largo. El músculo aproximador corto sirve de frontera entre ambas ramas.

Territorio de distribución

Motor

Antes de dividirse, el nervio da un **ramo para el músculo obturador externo** (en ocasiones esta rama procede de la rama posterior).

La **rama anterior** inerva los **músculos aproximador largo, grácil, pectíneo** y, generalmente, **aproximador corto**.

La **rama posterior** inerva los músculos **aproximador mayor** y **aproximador corto**.

Sensitivo

La rama anterior emite un **ramo cutáneo** que aparece entre el aproximador largo y el recto interno y se distribuye por la piel de los dos tercios inferiores de la cara interna del muslo (Fig. 17-40). Suele anastomosarse, bajo el sartorio, a ramas del nervio femoral para formar el *plexo subsartorial.*

Hay finos *ramos articulares* para la cadera y la rodilla.

Los filetes nerviosos para la cadera inervan su cara inferior y proceden de la rama anterior del obturador. Los filetes para la rodilla surgen de la rama posterior e inervan la parte posterior e interna de la articulación.

Lesiones

Los **quistes** o las inflamaciones del ovario (**ovaritis**) pueden irritar el nervio durante su trayecto por la pelvis y originar una neuralgia que se irradia por la cara interna del muslo.

Se puede comprimir, también, durante el parto, en el momento de encajarse la cabeza en el estrecho superior.

Nervio obturador accesorio

En un 10 % de los casos existe un **nervio obturador accesorio** que nace de L3 y L4; sigue el borde medial del psoas mayor e inerva el pectíneo pasando por la laguna vascular, entre la rama superior del pubis y los vasos femorales. Se suele anastomosar con el nervio obturador.

Nervio femoral (Figs. 17-30 y 17-31)

El **nervio femoral** (*nervio crural*) está destinado a inervar músculos que realizan la flexión de la cadera y la extensión de la rodilla, además de un amplio territorio cutáneo del muslo, la pierna y el pie.

Se forma por la unión de las raíces posteriores de los nervios L2, L3 y L4 (Fig. 17-28). Sale del psoas mayor por su borde externo y desciende en la pelvis mayor por la fisura conectiva entre las porciones ilíaca y psoas del músculo, cubierto por su fascia y el peritoneo parietal. En el lado derecho, el ciego se encuentra por delante del nervio, y también el apéndice vermiforme cuando éste ocupa una posición retrocecal. Penetra en el muslo por la laguna muscular, envuelto en la fascia del psoas, y se sitúa en el **triángulo femoral**, inmediatamente por fuera de la arteria femoral. En este triángulo emite la mayoría de sus ramas[4].

[4] La anatomía clásica ha complicado en exceso la descripción de este nervio, quizá en razón de una excesiva sistematización y de que muchas de sus ramas son al mismo tiempo musculares y cutáneas (de ahí el término de nervios musculocutáneos que se daban a algunas de sus ramas).

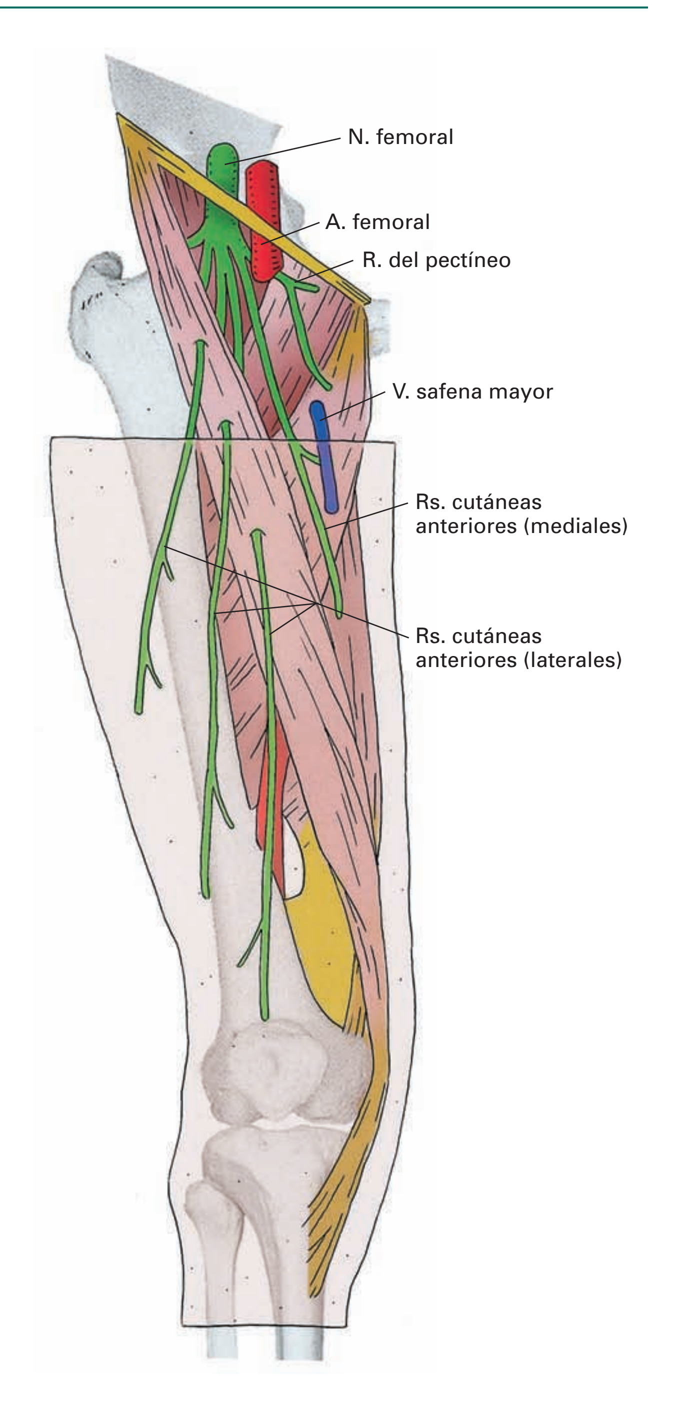


Figura 17-30. Representación esquemática del nervio femoral y sus ramas cutáneas anteriores.

Territorio de distribución

Con excepción de una rama colateral para el **músculo ilíaco,** que emite el nervio durante su trayecto pélvico, el resto de sus ramas se desprenden, como ya se ha mencionado, en el triángulo femoral.

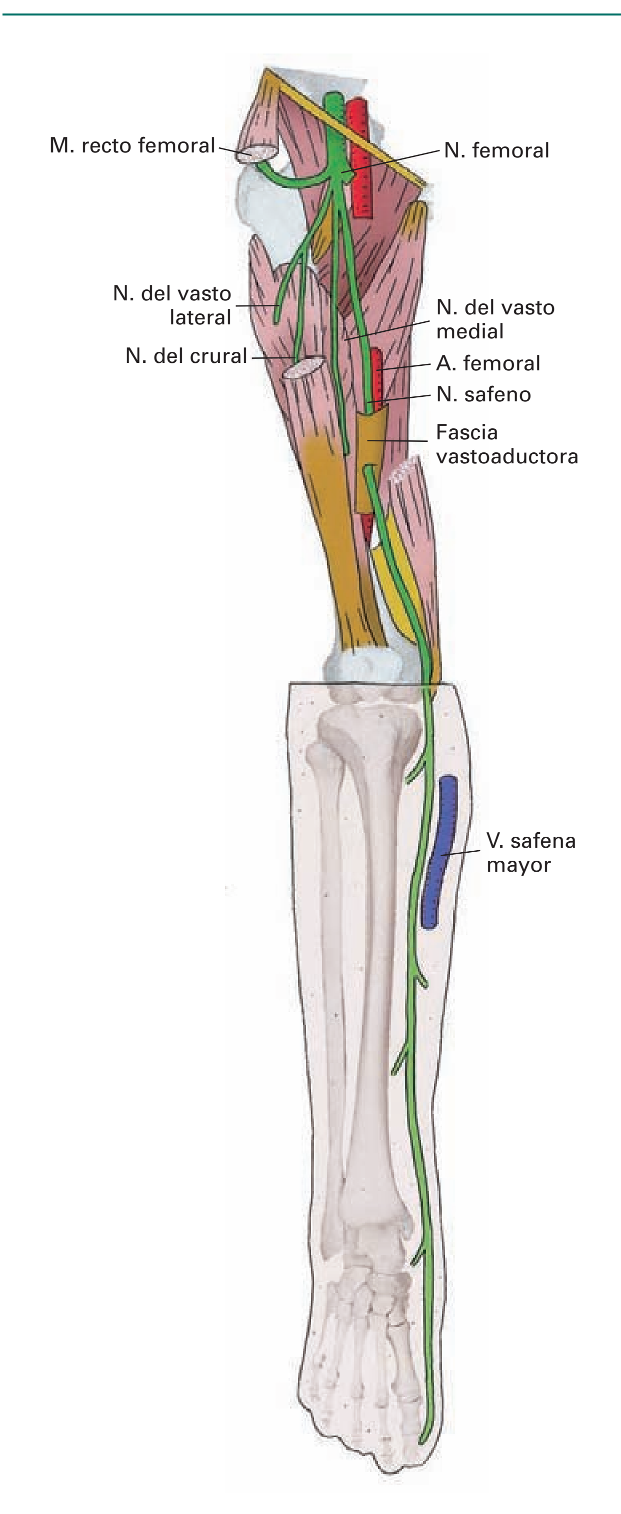


Figura 17-31. Representación esquemática del nervio femoral (nervio safeno y nervios del cuádriceps).

Ramas motoras

Las ramas musculares están destinadas al pectíneo, el sartorio y el cuádriceps.

El **nervio del pectíneo** pasa por detrás de los vasos femorales para penetrar en el músculo.

El **sartorio** está inervado por varias ramas que nacen conjuntamente con los ramos cutáneos anteriores (véase más adelante).

Los nervios para el cuádriceps se desprenden en la vecindad de la arteria circunfleja femoral lateral. Los nervios del recto femoral y del vasto lateral se dirigen hacia fuera; el nervio del crural desciende entre éste y el recto femoral, perfora el músculo y alcanza a inervar también el músculo articular de la rodilla; el nervio del vasto medial desciende por el conducto de los aproximadores, aplicado al músculo y por fuera de la arteria femoral.

Ramas sensitivas

Las ramas cutáneas son los ramos cutáneos anteriores y el nervio safeno.

Los **ramos cutáneos anteriores** (Fig. 17-30) atraviesan la fascia femoral a diversas alturas y descienden hasta la rodilla. Las *ramas laterales* perforan el sartorio y las *mediales* emergen acompañando a la vena safena mayor. Inervan la piel de los tres cuartos distales de la superficie anterointerna del muslo (con excepción del territorio del obturador) (Fig. 17-40).

Estos nervios corresponden a las ramas cutáneas de los *nervios musculocutáneos externo* e *interno* de las antiguas descripciones.

El **nervio safeno** (*nervio safeno interno*) es la rama más larga del nervio femoral (Fig. 17-31). Primero, es satélite de la arteria femoral y, luego, de la vena safena mayor. En su origen, se sitúa por fuera de la arteria femoral y más allá, en el conducto de los aproximadores, cruza la femoral por delante y se hace medial a ella. Atraviesa la fascia vastoaductoria y se coloca por detrás del sartorio; en la cara interna de la rodilla, bajo la interlínea articular, perfora la fascia y desciende por el tejido subcutáneo de la cara interna de la pierna en compañía de la vena safena mayor hasta terminar en el borde interno del pie. Inerva, mediante **ramos cutáneos crurales mediales**, la piel de la cara interna de la pierna y el borde interno del pie, y, mediante un **ramo infrarrotuliano**, que se desprende a nivel de la cara interna de la rodilla, la piel vecina que cubre la superficie anterointerna de la articulación (Fig. 17-40).

Plexo rotuliano. Es una red anastomosada de fibras nerviosas que se forman bajo la piel de la cara anterior de la rodilla. Contribuyen a ella las ramas cutáneas anteriores y el nervio safeno.

Plexo subsartorial. Es un conjunto de anastomosis que se realizan en el conducto de los aproximadores entre el nervio safeno, las ramas cutáneas anteriores mediales y el ramo cutáneo del obturador.

El nervio femoral da finos ramitos para las *articulaciones* de la **cadera** y de la **rodilla**.

En la cadera inerva la cara anterior de la articulación mediante ramos que salen directamente del tronco femoral, o bien del nervio del recto femoral.

En la rodilla inerva la cara anterointerna mediante ramas procedentes de los nervios musculares de los vastos y del crural, y del nervio safeno.

El nervio da ramos vasculares para la arteria femoral y un ramo óseo para la diáfisis del fémur.

Lesiones

El femoral se puede afectar por heridas muy traumáticas del triángulo femoral, o durante la cirugía de cadera o de hernias. La parálisis del cuadríceps ocasiona un grave déficit de la motilidad de la extremidad, ya que hay una pérdida de la extensión de la rodilla. El paciente anda con dificultad y no puede correr, saltar, subir escaleras, etc. Se asocian trastornos de la sensibilidad en el territorio cutáneo del nervio.

PLEXO SACRO

El **plexo sacro** se constituye por la fusión del **tronco lumbosacro** y las **ramas ventrales de los tres primeros nervios sacros**. Su territorio general de inervación está formado por la musculatura, la piel y las articulaciones de la extremidad inferior no inervadas por el plexo lumbar, así como las estructuras del cinturón pélvico.

Formación (Fig. 17-32)

El tronco lumbosacro se forma a expensas del quinto nervio lumbar y una gruesa anastomosis procedente del cuarto. Este tronco se fusiona con las ramas ventrales de los tres primeros nervios sacros, los cuales emergen por los agujeros pélvicos del sacro. Los nervios convergen hacia el agujero ciático mayor, de modo que el plexo adopta una forma triangular con la base hacia la columna vertebral y el vértice hacia *la escotadura infrapiriforme.*

El plexo da una gruesa *rama terminal*, el **nervio ciático**, que es la continuación del vértice del plexo, y numerosas *ramas colaterales.*

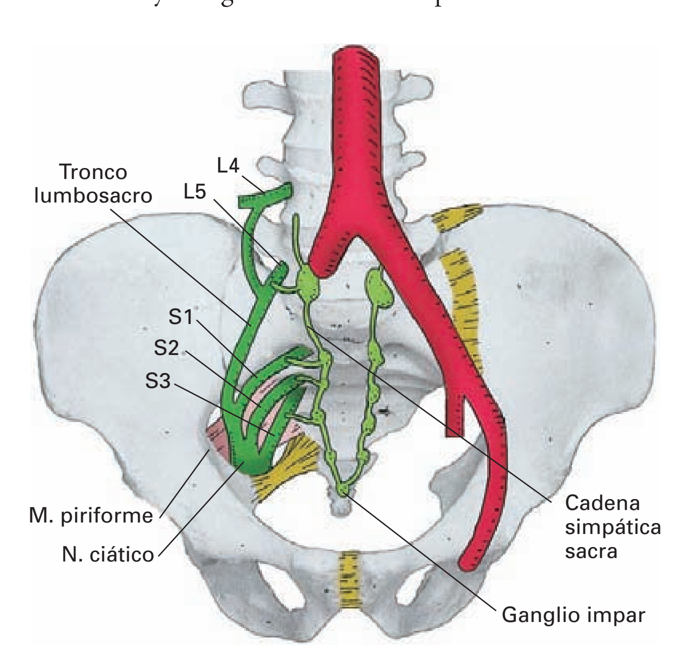


Figura 17-32. Visión anterior de la pelvis para mostrar la formación del plexo sacro.

Situación (Fig. 17-33)

El tronco lumbosacro desciende por delante de la articulación sacroilíaca, medialmente al psoas mayor, por detrás del nervio obturador.

El resto del plexo sacro se dispone sobre la pared posterior de la pelvis, apoyado por detrás sobre el músculo piriforme y tapizado por delante por la fascia pélvica. A través de esta fascia se relaciona lateralmente con los vasos ilíacos internos y el uréter, y, medialmente, con el recto.

Entre las ramas del plexo pasan algunas ramas parietales de la arteria ilíaca interna: la glútea superior se introduce entre el tronco lumbosacro y S1; la glútea inferior lo hace entre S2 y S3; la pudenda interna discurre por debajo del plexo (Fig. 17-33).

Distribución

Se distinguen ramas colaterales y una rama terminal, el nervio ciático.

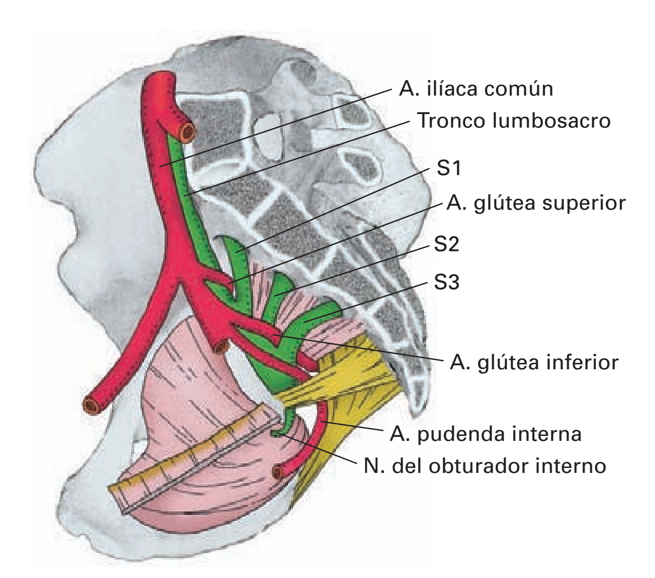


Figura 17-33. Esquema de las relaciones vasculares del plexo sacro.

RAMAS COLATERALES (Fig. 17-34)

Las ramas colaterales están destinadas a inervar la musculatura de la región glútea y de la pared lateral de la pelvis con excepción del músculo obturador externo.

Existen varias ramas que se pueden sistematizar de la siguiente manera: nervio del piramidal, una rama que sale por el agujero suprapiriforme y varias ramas que salen por el agujero infrapiriforme.

a) El **nervio del piriforme**, muy corto, se desprende de la cara posterior del plexo y penetra en el músculo.

b) La rama que sale por el agujero suprapiriforme es el **nervio glúteo superior**. Penetra en la región glútea y discurre entre los **músculos glúteos mediano** y **menor** , a los que inerva, y da una rama lateral para el **tensor de la fascia lata**. Es satélite de la arteria glútea superior. Da un *ramo sensitivo* para la cara superior de la articulación de la cadera.

> La lesión del nervio altera la estabilidad de la cadera y la marcha. Efectivamente, los músculos glúteos mediano y menor impiden la caída de la pelvis hacia el lado oscilante durante la marcha. Esto se debe a la contracción de los músculos del lado de apoyo, los cuales aproximan entre sí la cresta ilíaca y el trocánter mayor y elevan la pelvis en el lado oscilante. Pues bien, en caso de parálisis de los músculos glúteos mediano y menor, cuando el paciente se apoya sobre el lado paralizado se produce una caída de la pelvis hacia el lado contrario (el oscilante), la cual se compensa desviando el cuerpo hacia el lado de apoyo (*signo de Trendelenburg*).

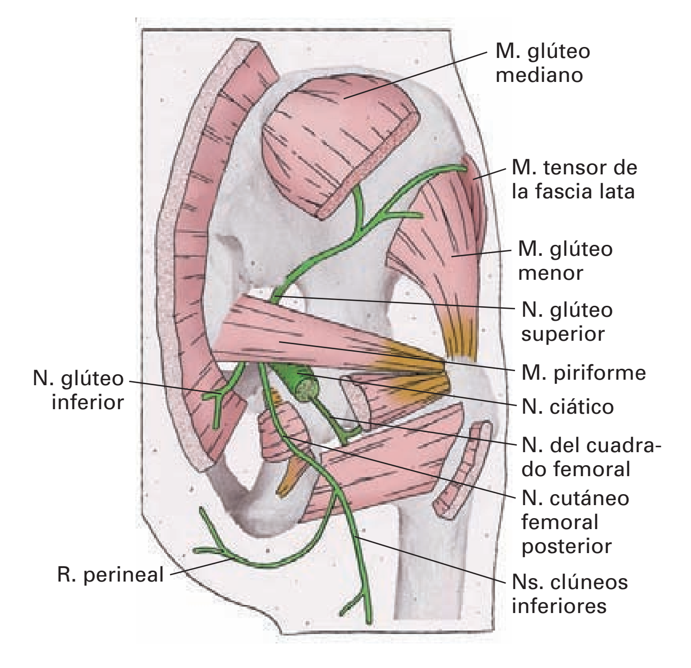


Figura 17-34. Ramas colaterales del plexo sacro. Visión posterior de la región glútea tras resecar ampliamente los músculos glúteos mayor y mediano. El obturador interno y los géminos han sido seccionados.

c) Las ramas que salen por el agujero infrapiriforme son el nervio glúteo inferior, el nervio cutáneo femoral posterior, el nervio del obturador interno y el nervio del cuadrado femoral.

El **nervio del obturador interno** escapa de la pelvis en compañía del pedículo pudendo y penetra en la profundidad de la región glútea; contorneando la espina isquiática penetra de nuevo en la pelvis por el agujero isquiático menor y se adosa al músculo obturador interno, al que inerva. Da una rama colateral al **músculo gémino superior**.

El **nervio del cuadrado femoral** desciende en posición muy profunda por delante de la porción glútea del obturador interno y de los géminos llegando a inervar el músculo cuadrado femoral; da una rama para el **gémino inferior** y otra, *sensitiva*, para la cara posterior de la articulación de la cadera.

El **nervio glúteo inferior** emerge a la región glútea inmediatamente por fuera y por detrás del ciático y se ramifica en múltiples ramas que abordan el **músculo glúteo mayor**.

El **nervio cutáneo femoral posterior**[5] está fusionado, en su origen, al nervio glúteo inferior; desciende en la región glútea por detrás del nervio ciático y cubierto por el glúteo mayor. Llegado al borde inferior de este músculo, desciende en la región posterior del muslo, bajo la fascia lata, hasta el hueco poplíteo; perfora la fascia y se hace subcutáneo inervando la piel poplítea y, en ocasiones, la parte proximal y posterior de la pierna (Fig. 17-40). En su trayecto da ramas para la cara posterior del muslo, los **nervios clúneos inferiores** que inervan la parte inferior de la nalga y los **ramos perineales**, los cuales, bordeando la tuberosidad isquiática, inervan la piel del periné, del escroto o de los labios mayores, y se anastomosan con ramas del nervio ilioinguinal.

Los **nervios esplácnicos pélvicos** se desprenden de los nervios sacros segundo y tercero y se dirigen a los plexos pélvicos. Llevan fibras vegetativas y son descritos con el parasimpático sacro.

Orígenes de las ramas colaterales

Nervio del piramidal: segundo nervio sacro, a veces también del primero.
Nervio glúteo superior: tronco lumbosacro y primer nervio sacro.
Nervio glúteo inferior: tronco lumbosacro y dos primeros nervios sacros.
Nervio cutáneo femoral posterior: primero y segundo nervio sacro.
Nervio del obturador interno: tronco lumbosacro y primer nervio sacro.

[5] El conjunto formado por el nervio cutáneo femoral posterior y el nervio glúteo inferior ha sido denominado nervio ciático menor.

Nervio del cuadrado femoral: tronco lumbosacro y primer nervio sacro.

RAMAS TERMINALES

Nervio ciático (Fig. 17-35)

El **nervio ciático** o **isquiático** (*nervio ciático mayor)* es la rama terminal del plexo sacro y resulta de la fusión de todas sus ramas de origen. Es el nervio más voluminoso del organismo.

Sale de la pelvis por la *escotadura infrapiriforme* y entra en la región glútea; pasa bajo el pliegue glúteo a la región femoral posterior, por donde desciende hasta el hueco poplíteo y se divide en los **nervios peroneo** y **tibial**. Con mucha frecuencia, la división del ciático se hace en zonas más altas de su trayecto, incluso en su origen.

En la **región glútea** se sitúa en el espacio comprendido entre el glúteo mayor por detrás y los músculos obturador interno, géminos y cuadrado femoral por delante, los cuales lo separan de la articulación de la cadera. En este espacio, el trocánter mayor está por fuera y el isquion por dentro. La arteria glútea inferior acompaña al nervio.

Inyecciones intramusculares. La región glútea es un territorio de elección para poner inyecciones intramusculares de fármacos debido al grosor de los músculos, pero la presencia del ciático y del paquete vasculonervioso glúteo superior determina que una extensa zona de la misma sea peligrosa debido al riesgo de que la aguja dañe nervios o arterias. La zona de elección para las inyecciones es la parte superoexterna de la región glútea, en las proximidades de la cresta ilíaca.

La irritación del ciático por una inyección intramuscular mal puesta provoca un dolor muy intenso como de «descarga eléctrica» por toda la extremidad acompañado de una brusca sacudida de todo el miembro.

La lesión grave del ciático tiene serias consecuencias para la motilidad de la extremidad inferior. La parálisis de los isquiotibiales deja la pierna en extensión y la parálisis de todos los músculos caudales a la rodilla impide todos los movimientos, quedando el pie como el de un «polichinela».

En la **región femoral posterior** el nervio desciende apoyado por delante sobre el músculo aproximador mayor que lo separa de la diáfisis femoral, entre la porción corta del bíceps por fuera y los músculos semitendinoso y semimembranoso por dentro; la porción larga del bíceps cruza al nervio por detrás oblicuamente y lo separa de la fascia femoral y los planos superficiales. El nervio se acompaña de la cadena arterial anastomótica perforante.

Territorio de distribución

Motor. En la región glútea no da ninguna rama. En el muslo da **ramas musculares** colaterales para los músculos posteriores del muslo: **semitendinoso**, **semimembranoso**, **bíceps femoral** y **aproximador mayor** (*porción condí-*

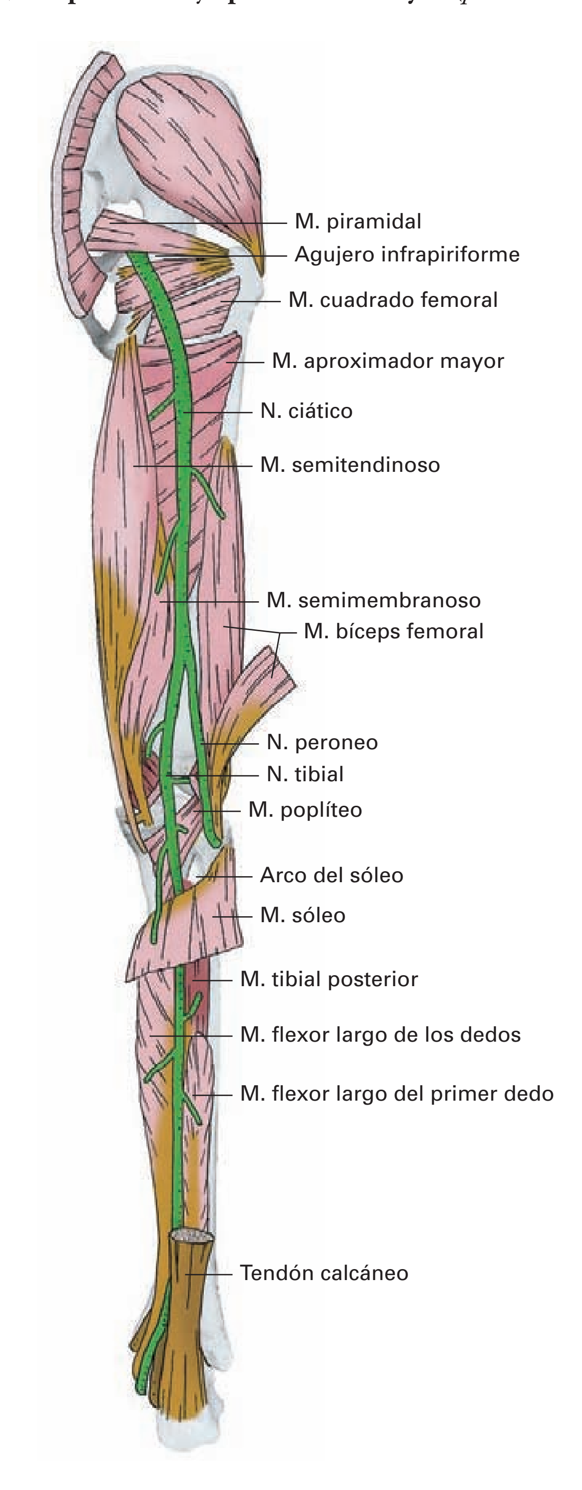


Figura 17-35. Representación esquemática de los nervios ciático, peroneo y tibial.

lea). Si el nervio ciático desciende dividido en sus dos ramas terminales, todos estos músculos estarían inervados por el nervio tibial, excepto la porción corta del bíceps, que lo estaría por el nervio peroneo.

Sensitivo. El nervio emite un *ramo articular* para la cara posterior de la cadera, el cual puede nacer del nervio del cuadrado femoral.

Nervio peroneo (Figs. 17-36 y 17-37)

El **nervio peroneo** (*nervio ciático poplíteo externo*) es la rama terminal de bifurcación externa del nervio ciático.

Se origina en la parte alta del **hueco poplíteo** y se dirige hacia abajo y algo hacia fuera siguiendo el borde interno del bíceps femoral, cubierto siempre por la fascia poplítea profunda. Escapa del hueco poplíteo por detrás de la cabeza del peroné y se introduce en un túnel osteomuscular comprendido entre la cara externa del cuello del peroné y las inserciones del peroneo largo. En el interior de este túnel se divide en dos ramas terminales: los **nervios peroneo superficial** y **peroneo profundo**.

El nervio se palpa por detrás de la cabeza del peroné.

Ramas terminales

El **nervio peroneo superficial** (*nervio musculocutáneo*) desciende por la parte externa de la pierna, adosado al peroné, entre los músculos peroneos largo y corto. Atraviesa el tabique intermuscular externo (por donde puede discurrir) y, hacia el tercio inferior de la pierna, perfora la fascia crural por fuera del músculo extensor largo de los dedos, se hace superficial y se ramifica en ramos cutáneos (los **nervios cutáneo dorsal medial** y **cutáneo dorsal intermedio**) que se distribuyen por el dorso del pie.

El **nervio peroneo profundo** (*nervio tibial anterior*) atraviesa las inserciones superiores del extensor largo de los dedos y penetra en la **región tibial anterior**. Desciende en compañía de la arteria tibial anterior, por delante de la membrana interósea, entre los músculos tibial anterior por dentro y extensor largo del dedo grueso por fuera, los cuales lo cubren. Pasa al pie bajo el retináculo extensor, momento en que el tendón del extensor largo del dedo grueso cruza el nervio por delante para hacerse medial a él. Se hace superficial y se divide en una **rama lateral** que discurre entre el tarso y el pedio, y una **rama medial** que sigue sobre el primer espacio interóseo.

Ramas colaterales (Fig. 17-36)

El nervio peroneo emite en el hueco poplíteo dos ramas colaterales, el nervio cutáneo sural lateral y el ramo comunicante peroneo.

El **nervio cutáneo sural lateral** (*nervio cutáneo peroneo*) desciende sobre la cabeza lateral del gastrocnemio, perfora la fascia poplítea profunda y continúa por la parte externa de la pierna en posición subcutánea.

El **ramo comunicante peroneo** (*nervio safeno peroneo* o *accesorio del safeno externo*) tiene, en ocasiones, un origen común con el anterior; discurre sobre la cabeza lateral del gastrocnemio hacia abajo y hacia dentro; en un punto variable de la parte posterior de la pierna perfora la fascia y se anastomosa con el nervio sural medial (rama

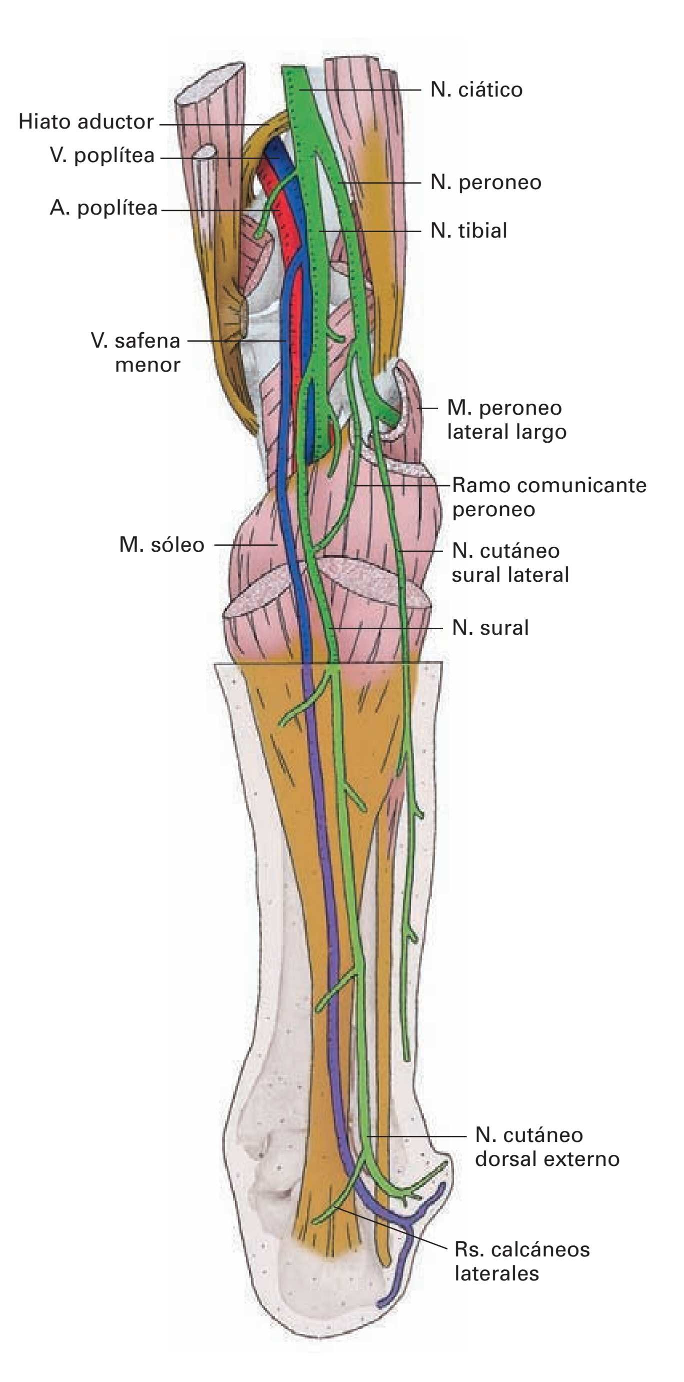


Figura 17-36. Trayecto de los nervios peroneo y tibial en el hueco poplíteo y distribución de sus ramas cutáneas.

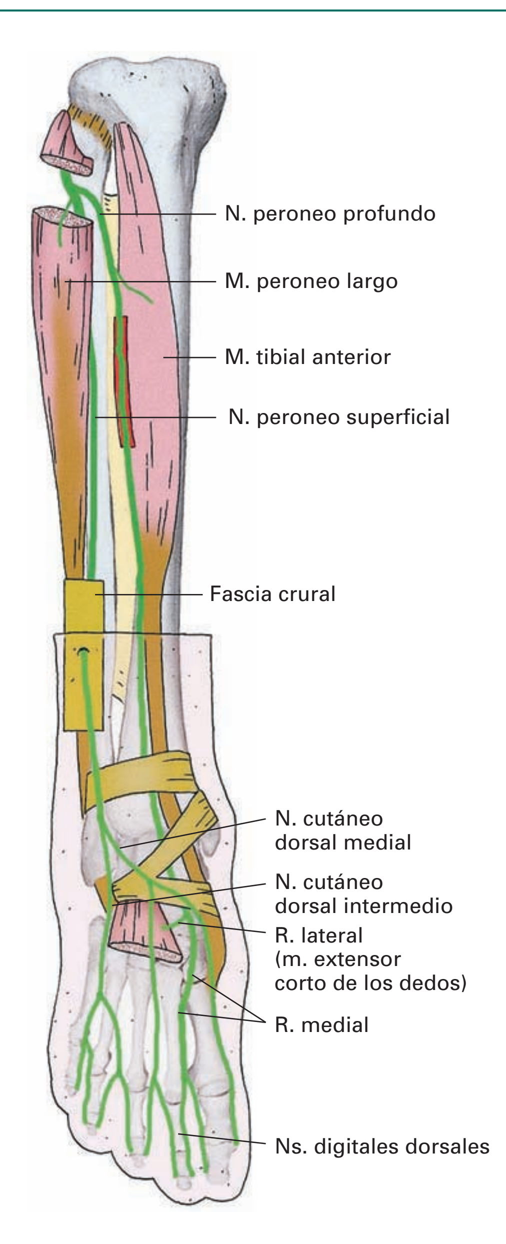


Figura 17-37. Representación esquemática del nervio peroneo. El músculo peroneo largo ha sido seccionado a nivel del cuello del peroné para observar el paso del nervio.

del nervio tibial) para formar juntos el nervio sural (véase más adelante).

Territorio de distribución

Motor. El **nervio peroneo profundo** da, en la pierna, **ramos musculares** que inervan los **músculos tibial anterior**, **extensor del dedo grueso**, **extensor común de los dedos** y **tercer peroneo**. En el pie inerva, mediante el ramo lateral, el **músculo extensor corto de los dedos**.

El **nervio peroneo superficial** da **ramos musculares** para el **peroneo largo** y el **peroneo corto**.

Sensitivo (Fig. 17-40). El territorio cutáneo comprende el dorso del pie y de los dedos, con excepción de las falanges distales, así como la parte anteroinferior de la pierna y los dos tercios proximales de la cara externa, incluida la rodilla.

El **nervio cutáneo sural lateral** inerva la cara externa de la rodilla y de los dos tercios proximales de la pierna.

El **nervio peroneo profundo** da la **rama medial**, que sigue el primer espacio interóseo, y se divide en dos **nervios digitales dorsales**, que inervan respectivamente los bordes colaterales correspondientes de los dedos gordo y segundo.

El **nervio peroneo superficial**, mediante sus ramas terminales, los **nervios cutáneos dorsales medial** e **intermedio**, inerva la parte anteroinferior de la pierna. Estos nervios se dividen en varias ramas que siguen el dorso del pie y lo inervan. Al llegar a las raíces de los dedos, emiten **nervios digitales dorsales del pie** para la superficie adyacente de los dedos correspondientes, con excepción del territorio digital inervado por el peroneo profundo.

El nervio cutáneo dorsal intermedio se anastomosa por fuera con el nervio sural. El nervio cutáneo dorsal medial se anastomosa en el borde interno del pie con el safeno.

El peroneo da *ramos articulares* para la rodilla, el tobillo y las articulaciones del pie.

El *ramo articular para la rodilla* se desprende del nervio peroneo a nivel del hueco poplíteo y se distribuye siguiendo las arterias geniculares laterales por la parte posteroexterna de la articulación de la rodilla.

El *ramo articular para la articulación del tobillo* se desprende del nervio peroneo profundo e inerva su cara anterior.

Las *articulaciones del tarso y del metatarso*, en su cara dorsal, son inervadas por las ramas terminales medial y lateral del peroneo profundo. La cara dorsal de las articulaciones interfalángicas está inervada por ramas articulares de los nervios digitales dorsales del pie procedentes de los nervios peroneos profundo y superficial.

El nervio peroneo profundo da *ramos vasculares* para las arterias tibial anterior y pedia.

Lesiones

Las fracturas del cuello del perone o los golpes directos sobre ese punto provocados, por ejemplo, por patadas durante un partido de futbol son la causa más común de parálisis del nervio peroneo. Las escayolas de pierna mal puestas pueden comprimir el nervio.

En la exploración se aprecia la imposibilidad de realizar la flexión dorsal del pie (parálisis del tibial anterior), la extensión de los dedos (parálisis del extensor largo de los dedos y extensor largo del dedo grueso) y la eversión del pie (parálisis de los peroneos).

En la observación se aprecia una actitud viciosa del pie en flexión plantar (*pie equino*) y en inversión (*pie varo*). La parálisis del peroneo largo provoca, además, un pie plano.

La posición caída del pie determina un andar característico (marcha en «estepage»): el paciente camina levantando excesivamente el pie del suelo a expensas de aumentar la flexión de la cadera; cuando el pie vuelve a caer golpea bruscamente el suelo produciendo un ruido que semeja el que hacen los caballos estepadores durante el trote.

Nervio tibial (Figs. 17-35 y 17-36)

El **nervio tibial** (*nervio ciático poplíteo interno*) es la rama de bifurcación interna del nervio ciático. Desciende en el hueco poplíteo, atraviesa el arco tendinoso del sóleo y penetra en la región posterior de la pierna. Camina por ella hasta el canal calcáneo donde da sus ramas terminales, los nervios plantares lateral y medial, que se distribuyen por la planta del pie.

En el **hueco poplíteo** el nervio está cubierto por detrás por la fascia poplítea profunda, y, más caudalmente, por las dos cabezas del gastrocnemio. Forma parte del eje vasculonervioso del rombo poplíteo disponiéndose por detrás y por fuera de la vena poplítea.

En la **región posterior de la pierna**, tras pasar bajo el **arco del sóleo**, se coloca entre los dos planos musculares de esta región, cubierto por el tríceps por detrás y apoyado por delante sobre el músculo tibial posterior. Es satélite de la arteria tibial posterior, disponiéndose por fuera de ella. En la parte inferior de la pierna, el nervio se hace más superficial, pues progresivamente el tendón de Aquiles, al estrecharse, lo descubre. En esta zona, el nervio tibial discurre entre los tendones del flexor largo del dedo grueso por fuera y el flexor común de los dedos por dentro, por detrás de la articulación del tobillo. Finalmente, el nervio se incurva hacia delante y, por el **canal calcáneo**, bajo el retináculo flexor, se dirige al pie emitiendo sus ramas terminales.

Ramas terminales (Figs. 17-38 y 17-39)

El **nervio plantar lateral** se dirige hacia delante y adentro en dirección a la base del quinto metatarsiano; camina entre el flexor accesorio y el flexor corto de los dedos, y es satélite de la arteria plantar externa y tiene, por tanto, las mismas relaciones que ella.

Da un **ramo profundo** (fundamentalmente motor), que discurre con el arco plantar bajo las bases de los metatarsianos, y un **ramo superficial** (predominantemente sensitivo). El ramo superficial da **dos nervios digitales plantares comunes**; uno sigue bajo el quinto dedo y el otro bajo el cuarto espacio interóseo. En la raíz de los dedos emiten los **nervios digitales plantares propios** de los dedos respectivos.

En suma, este nervio se comporta de modo similar al nervio cubital en la mano.

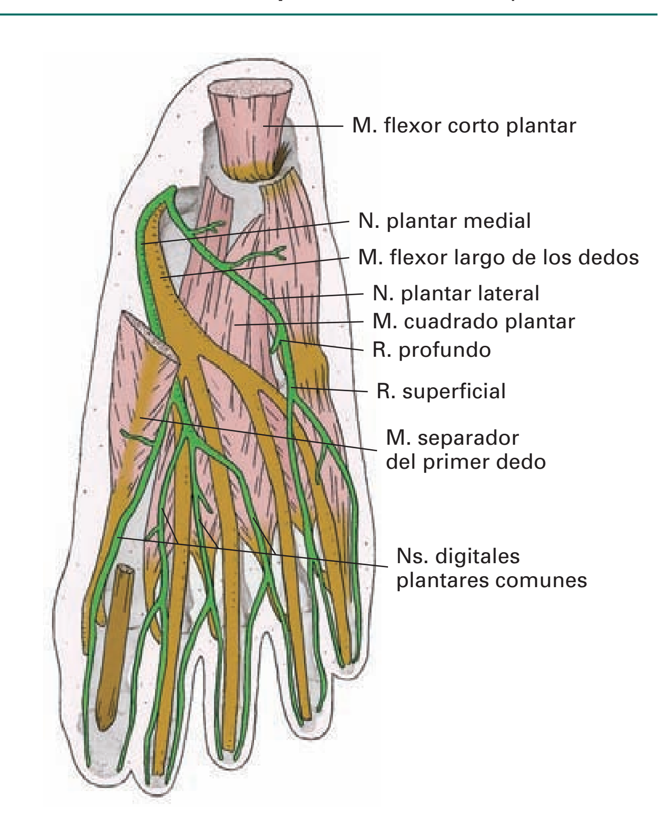


Figura 17-38. Nervios plantares. Los músculos flexor corto plantar y separador del dedo grueso han sido seccionados.

El **nervio plantar medial** se dirige hacia delante cubierto por el separador del dedo grueso; hacia la mitad de la planta del pie emerge entre este músculo y el flexor corto de los dedos y emite **cuatro nervios digitales plantares comunes**. El primero sigue bajo el dedo gordo, y los tres restantes en relación con los tres primeros espacios interóseos. Al llegar a la raíz de los dedos, dan los **nervios digitales propios** correspondientes para los dedos respectivos.

El nervio se comporta de modo similar al nervio mediano en la mano.

Ramas colaterales

A lo largo de su trayecto, el nervio tibial emite **ramos musculares**, **ramos articulares**, el nervio interóseo de la pierna y dos nervios cutáneos, el **nervio sural** y los **ramos calcáneos mediales.**

Territorio de distribución

Motor. En el *hueco poplíteo* da **ramas musculares** para el **gastrocnemio**, el **plantar delgado**, el **poplíteo** y el **sóleo**.

En la *región posterior de la pierna* da **ramos musculares** para el **tibial posterior**, el **flexor largo del primer dedo** y el **flexor largo de los dedos**.

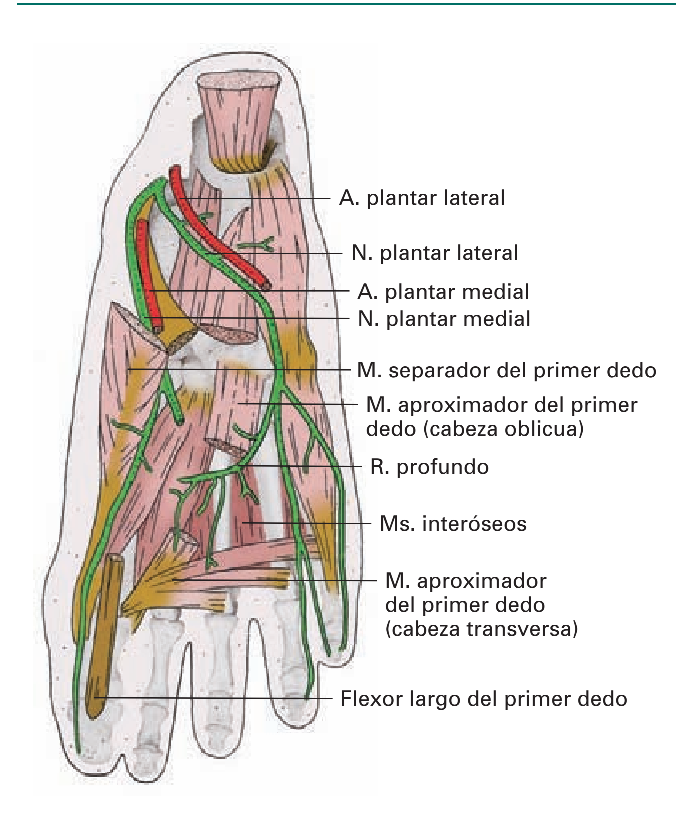


Figura 17-39. Nervios plantares en una representación esquemática de una disección profunda de la planta del pie.

En el *pie*, inerva mediante el **plantar medial** (que se comporta como el mediano) los **músculos separador corto del primer dedo**, **flexor corto del primer dedo**, **flexor corto de los dedos** y **primer lumbrical**; mediante el **plantar lateral** (que se comporta como el cubital) inerva los **músculos interóseos dorsales y ventrales**, los **tres primeros lumbricales**, el **aproximador del primer dedo**, el **separador del quinto dedo**, el **flexor corto del quinto dedo** y **el cuadrado plantar**. La inervación de los interóseos, lumbricales y aproximador del dedo gordo tiene lugar mediante la rama profunda.

Sensitivo. El territorio cutáneo comprende la región posterior de la pierna, el talón, la planta y el borde externo del pie, y el dorso del extremo distal de los dedos (Fig. 17-40).

La inervación de la planta del pie tiene lugar, mediante los nervios plantares, de modo similar al comportamiento de los nervios mediano y cubital. Una línea que pase por el medio del cuarto dedo divide la piel de la planta en dos territorios: la zona lateral está inervada por el nervio plantar lateral y la zona medial, por el nervio plantar medial.

El resto de la inervación cutánea se realiza por el nervio sural y los ramos calcáneos mediales.

El **nervio sural** (*nervio safeno externo*) se desprende del tibial en el hueco poplíteo (Fig. 17-36).

Desciende, primero, cubierto por la fascia poplítea profunda, y luego sigue entre las cabezas del gastrocnemio en un desdoblamiento de la fascia crural. Hacia la parte baja del gastrocnemio perfora la fascia y se hace satélite de la vena safena menor colocándose por fuera de ella. En la mayoría de los casos recibe el ramo comunicante peroneo[6]. Con sus fibras incorporadas, desciende por el borde externo del tendón de Aquiles inervando la cara posterior de la pierna, pasa por detrás del maléolo peroneo y emite el **nervio cutáneo dorsal externo**, que se distribuye por el borde externo del pie, y los **ramos calcáneos laterales** para el tobillo y el talón.

El nervio sural se utiliza para realizar injertos de nervios.

Los **ramos calcáneos mediales** se desprenden del nervio tibial en el canal calcáneo; perforan el retináculo flexor y se distribuyen por la parte medial del talón.

El tibial da *ramas articulares* para la porción posterointerna de la rodilla, el tobillo y la superficie plantar de las articulaciones del pie y de los dedos.

La porción posterointerna de la rodilla es inervada por varios ramitos que se desprenden del tibial en la fosa poplítea; uno de los ramos suele acompañar a la arteria genicular inferior medial.

Las ramas articulares para el tobillo son el nervio interóseo de la pierna y ramos que se desprenden directamente del tibial o del sural en las proximidades de la articulación. El **nervio interóseo de la pierna** se desprende del tibial por encima de la membrana interósea, desciende junto a la arteria tibial anterior y da ramos para la tibia, el peroné y la articulación del tobillo.

La cara plantar de las articulaciones tarsianas, metatarsianas y de los dedos está inervada por ramos de los nervios plantares.

El nervio tibial da *ramos vasculares* para la arteria poplítea y las arterias posteriores de la pierna y de la planta del pie. Emite, también, los nervios para la diáfisis de la tibia (generalmente procede del nervio del poplíteo) y del peroné.

Lesiones

La parálisis del nervio tibial es rara debido a su situación profunda y protegida entre masas musculares. Puede observarse en traumatismos por armas y en fracturas de fémur o tibia. Hay una parálisis de todos los músculos posteriores de la pierna y de la planta del pie. El paciente no puede realizar la flexión plantar (parálisis del tríceps) ni la flexión y separación de los dedos (parálisis de los flexores y de los interóseos). La parálisis del tibial posterior impide la inversión del pie.

El pie adopta una actitud viciosa: en flexión dorsal y apoyado sobre el talón (*pie talo*), en eversión (*pie*

[6] La NAI denomina nervio cutáneo sural medial al trayecto del nervio sural comprendido entre su origen y la anastomosis con el ramo comunicante peroneo; el nervio sural sería el resultado de la fusión de los nervios cutáneo sural medial y el ramo comunicante peroneo.

valgo) y, debido a la atrofia de los músculos plantares, la bóveda plantar está excavada (*pie cavo*). El paciente anda sobre los talones y el borde interno del pie.

PLEXO PUDENDO

El **plexo pudendo** se forma a expensas de la unión de la rama ventral del cuarto nervio sacro con dos ramas anastomóticas procedentes del segundo y el tercer nervio sacro.

El plexo se une en una rama terminal, el **nervio pudendo**, y proporciona algunos de los nervios pélvicos esplácnicos.

Está destinado a inervar los genitales externos y los triángulos anal y urogenital del periné, y contribuye a llevar fibras vegetativas a las vísceras pélvicas. Las lesiones de este plexo provocan graves alteraciones de la función sexual, de la micción o de la defecación.

Un ramo comunicante gris une el cuarto nervio sacro con la cadena simpática sacra.

Situación

El plexo pudendo se sitúa por debajo del plexo sacro, al cual está íntimamente unido por sus ramas de origen, por delante del músculo coccígeo y por detrás de la fascia pélvica, la cual lo separa del recto.

Está en estrecha relación con los vasos glúteos inferiores y pudendos internos.

NERVIO PUDENDO

Situación y trayecto

El **nervio pudendo** sale de la pelvis por el agujero infrapiriforme y aparece en la **región glútea** en compañía de los vasos pudendos internos. Contornea la espina ciática y vuelve a penetrar en la pelvis por el agujero isquiático menor, colocándose en el conducto pudendo ubicado en la pared externa de la **fosa isquiorrectal**.

Territorio de distribución (Fig. 15-82)

En puntos muy variables de su trayecto emite tres ramas: los nervios rectales inferiores, el nervio perineal y el nervio dorsal del pene o del clítoris.

Los **nervios rectales inferiores** (*nervios hemorroidales inferiores*) suelen nacer a la entrada del nervio en el conducto pudendo, pero pueden desprenderse directamente de los nervios S3 y S4 como ramas colaterales. Atraviesan la grasa de la fosa isquiorrectal e inervan el **músculo esfínter externo del ano**, la **parte posterior del elevador del ano**, la **mucosa anal** y la **piel perianal**. En ocasiones, existe un **nervio cutáneo perforante** que, desprendiéndose de los nervios rectales, atraviesa el ligamento sacrotuberoso, pasa por la parte medial del pliegue glúteo e inerva la piel de la nalga por dentro del cutáneo femoral posterior. Este nervio puede nacer del plexo sacro e incorporarse al nervio cutáneo femoral posterior.

El **nervio perineal** suele nacer a la salida de la fosa isquiorrectal y se divide en una rama superficial y otra profunda.

La **rama superficial** discurre entre la piel y la fascia perineal superficial en compañía de la arteria perineal; inerva la piel del triángulo perineal anterior y da los **nervios escrotales posteriores** o los **nervios labiales posteriores**, los cuales se distribuyen, respectivamente, por la parte posterior del escroto o de los labios mayores.

La **rama profunda** se desgaja en una serie de finas colaterales destinadas a inervar los músculos del diafragma urogenital (**esfínter de la uretra** y **transverso profundo del periné**), el tejido eréctil del cuerpo esponjoso del pene y **del bulbo uretral**, así como los **bulbos vestibulares** de la mujer.

El **nervio dorsal del pene** o **del clítoris** abandona el conducto pudendo y sigue por dentro de la rama isquiopúbica en dirección al borde inferior de la sínfisis del pubis. En este trayecto ocupa el **espacio perineal profundo**, entre la membrana perineal por abajo y el esfínter de la uretra por arriba, en compañía de los vasos pudendo internos, y en su propia vaina vascular. Llega al dorso del pene o del clítoris pasando entre la sínfisis del pubis y el ligamento transverso, a veces perforándolo. En la mujer inerva las estructuras eréctiles y cutáneas del **clítoris** y la parte adyacente de los **labios menores**. En el varón discurre por el dorso de los cuerpos cavernosos, bajo la fascia peneana, junto a la arteria dorsal del pene, hasta llegar al glande. Da ramas para los **cuerpos cavernosos**, el **glande** y la **piel del pene**.

Las neuralgias del pudendo son raras; cuando se producen suelen ser secundarias a lesiones vertebrales. Se caracterizan por un dolor «quemante» en el periné y los genitales. Para aliviar este dolor se realizan infiltraciones con anestésicos locales junto a la tuberosidad isquiática.

Durante la cirugía rectal o de la fosa isquiorrectal debe tenerse un cuidado especial con el plexo para no dañarlo.

PLEXO COCCÍGEO

El **plexo coccígeo** está formado por la unión del nervio coccígeo con dos anastomosis procedentes de los nervios sacros cuarto y quinto.

Las ramas de origen atraviesan el músculo coccígeo y se disponen formando un pequeño y fino cordón nervioso por delante del mismo, en las inmediaciones del cóccix.

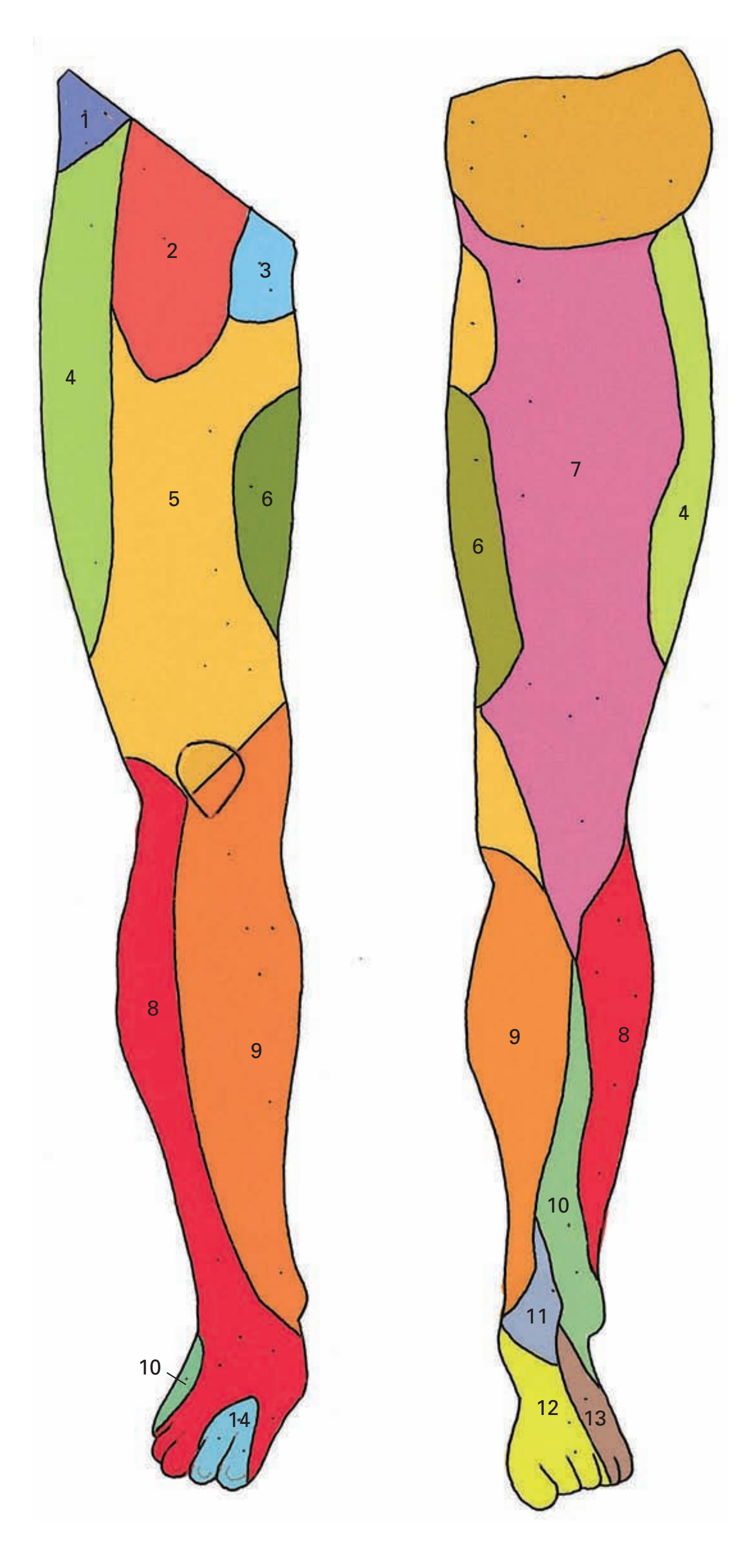


Figura 17-40. Territorios tronculares de invervación cutánea de los nervios de la extremidad inferior derecha. Compárense con los territorios de las raíces nerviosas (dermatomas) de la Figura 17-4. 1) Rama cutánea del nervio subcostal. 2) Nervio genitofemoral (ramo femoral). 3) Nervio ilioinguinal. 4) Nervio cutáneo femoral lateral. 5) Nervio femoral (ramas anteriores). 6) Nervio obturador. 7) Nervio cutáneo femoral posterior. 8) Nervio peroneo (cutáneo sural lateral y peroneo superficial). 9) Nervio safeno. 10) Nervio sural. 11) Ramos calcáneos del nervio tibial. 12) Nervio plantar medial. 13) Nervio plantar lateral. 14) Nervio peroneo profundo.

El plexo se une a la cadena simpática sacra mediante ramos comunicantes grises.

Territorio de distribución

El plexo da un fino ramo motor para el **músculo coccígeo** y ramos sensitivos, los **nervios anococcígeos**, los cuales perforan el ligamento anococcígeo y se distribuyen por la piel que recubre el cóccix. Inerva también la articulación sacrococcígea.

El plexo se puede afectar en las fracturas del cóccix provocando un intenso y vivo dolor en la zona correspondiente. Puede recurrirse a la infiltración anestésica del plexo introduciendo la aguja por el rafe anococcígeo.

CAPÍTULO 18

Nervios craneales

ORGANIZACIÓN GENERAL

Los **nervios craneales** son aquellos que tienen su origen en el tronco del encéfalo. Es clásico distinguir doce pares de nervios, los cuales se numeran según su orden de salida del encéfalo[1]:

I par: nervio olfatorio
II par: nervio óptico
III par: nervio oculomotor (*nervio motor ocular común*)
IV par: nervio troclear (*nervio patético*)
V par: nervio trigémino
VI par: nervio abducens (*nervio motor ocular externo*)
VII par: nervio facial
VIII par: nervio vestibulococlear (*nervio auditivo*)
IX par: nervio glosofaríngeo
X par: nervio vago
XI par: nervio accesorio (*nervio espinal*)
XII par: nervio hipogloso

Existe un pequeño **nervio terminal**, denominado, en ocasiones, *nervio craneal cero*, de función desconocida en la especie humana. El estudio de este nervio se hace, junto con el nervio olfatorio, en el capítulo del sentido del olfato.

Sin embargo, los dos primeros nervios, el olfatorio y el óptico, ni son verdaderos nervios, ni se originan del tronco del encéfalo, por lo que deben ser segregados del concepto de nervios craneales. El nervio olfatorio (en realidad nervios olfatorios) es un conjunto de prolongaciones de las células sensoriales del epitelio olfatorio y forman parte de la vía olfatoria. El nervio óptico es un derivado de una evaginación embrionaria de la vesícula diencefálica; estructuralmente es un cordón de sustancia blanca que forma parte de la vía óptica.

En este libro el nervio olfatorio se describe con el órgano del olfato y el nervio óptico es considerado con el órgano de la visión. En el Tomo II de esta obra se realiza un estudio más profundo de estas formaciones nerviosas.

Clasificación embriológica

De acuerdo con el origen embriológico de los músculos que inervan, se distinguen dos tipos de nervios craneales: *somáticos* y *viscerales* o *branquiales*.

Los *nervios somáticos* inervan musculatura derivada de los primeros somitómeros cefálicos: la musculatura extrín-

[1] La primera clasificación numérica de los nervios craneales fue realizada por el médico inglés Thomas Willis (1621-1675) quien distinguió diez pares. La clasificación en doce pares se debe a Thomas Soemmering (1755-1830) y a Félix Vicq-D'Azyr (1748-1794).

seca del ojo y la musculatura de la lengua. Son los nervios III, IV, VI y XII.

Los *nervios branquiales* se disponen en los arcos branquiales del embrión e inervan musculatura derivada de los mencionados arcos. El V par es el nervio del primer arco, el VII par el nervio del segundo arco, el IX par el nervio del tercer arco y el X par el nervio del 4 y 6 arco. El XI par inerva músculos que no derivan de los arcos (trapecio y esternocleidomastoideo), pero puede considerarse un nervio branquial porque sus neuronas motoras se originan de la misma columna nuclear del rombencéfalo que los otros nervios branquiales.

El VIII par escapa a esta clasificación, pues es un *nervio sensorial especial*.

Comportamiento general de los nervios craneales

Aunque cada nervio craneal tiene sus peculiaridades específicas, todos ellos presentan un esquema común de organización. En cada nervio se debe distinguir lo siguiente: origen aparente, trayecto, territorio de distribución y sistematización fibrilar.

Origen aparente (Fig. 18-1)

El ***origen aparente*** es el lugar de la superficie del tronco del encéfalo por donde emerge el nervio.

Trayecto general

El ***trayecto*** de un nervio craneal desde su origen aparente a su destino presenta diferentes segmentos: un *segmento intracraneal* que discurre por el espacio subaracnoideo, por delante del tronco del encéfalo y bajo el cerebro; un *segmento de salida del cráneo por un orificio de la base*; y un *segmento extracraneal* que discurre por alguna de las regiones del macizo craneofacial, a saber: los motores oculares por la órbita; el trigémino por la órbita, la fosa infratemporal, la fosa nasal y la boca; el facial por la celda parotídea; y el glosofaríngeo, el vago, el espinal y el hipogloso por el espacio retroestiloideo.

Los nervios craneales se **distribuyen** por la cabeza y el cuello. El vago desciende por el tronco para inervar, además, las vísceras torácicas y abdominales.

Sistematización

La ***sistematización*** de un nervio craneal es el análisis de los **tipos de componentes fibrilares** que lo forman y donde tienen su **origen real**. Por origen real se entiende el lugar de asiento de la neuronas que dan origen a las fibras motoras, sensitivas y vegetativas. El origen real de las fibras motoras se encuentra en **núcleos motores del tronco del encéfalo** y el de las fibras sensitivas reside en **ganglios sensitivos** asociados al trayecto del nervio; se trata de neuronas sensitivas unipolares con prolongaciones periféricas hacia las estructuras que inervan y con prolongaciones centrales que penetran en el tronco del encéfalo para terminar en núcleos sensitivos receptores. Las fibras parasimpáticas, como se sabe, tienen dos componentes: la primera neurona (**neurona preganglionar**) se ubica en los **núcleos parasimpáticos craneales** del tronco del encéfalo y la segunda (**neurona posganglionar**), lo hace en los **ganglios parasimpáticos.**

La distinción entre origen aparente y real de un nervio craneal es importante. Así como el origen aparente es el indicativo que permite seguir, a simple vista, el trayecto periférico de un nervio craneal hasta su destino, el origen real establece dónde están ubicadas las neuronas que componen el nervio y sus lugares de terminación y, por tanto, los axones de estas neuronas tienen un trayecto intracentral y otro periférico.

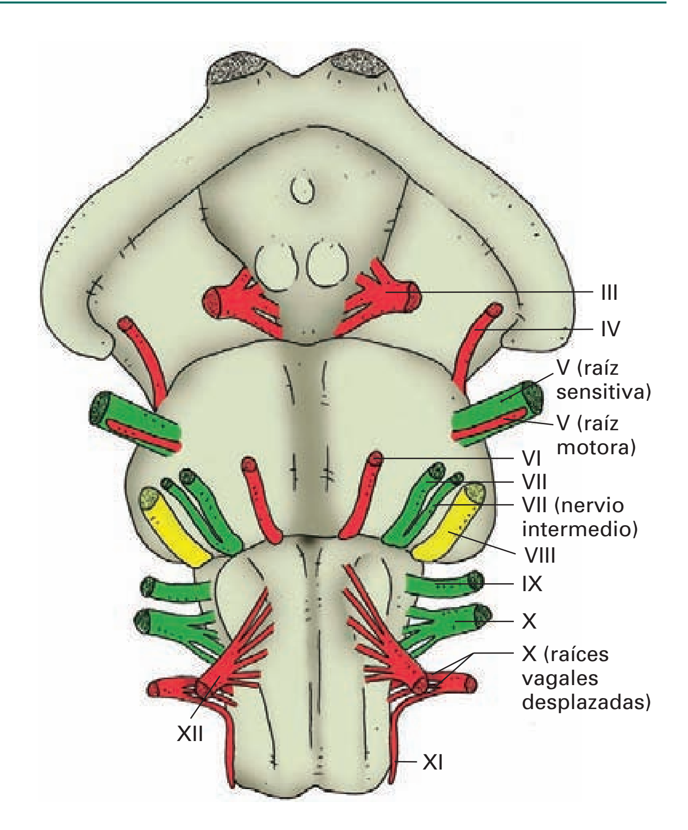


Figura 18-1. Visión anterior del tronco del encéfalo mostrando el origen aparente de los nervios craneales. Nervios motores (rojo); nervios mixtos (verde); nervio sensorial (amarillo).

Componentes fibrilares

Basados en criterios embriológicos y evolutivos, se distinguen los siguientes tipos de componentes fibrilares en los nervios craneales:

a) **Fibras eferentes somáticas**: son aquellas que tienen su origen real en núcleos motores del tronco del encéfalo. Si están destinadas a inervar músculos estriados derivados de los primeros somitómeros se denominan **fibras eferentes somáticas generales**. Si su destino son los músculos que se originan en los arcos branquiales, se denominan **fibras eferentes somáticas especiales**.

b) **Fibras eferentes viscerales**: son fibras vegetativas de carácter *parasimpático* para inervar musculatura lisa y glándulas. Tienen su origen real en los núcleos parasimpáticos craneales.

c) **Fibras aferentes somáticas**: son aquellas que tienen su origen real en ganglios sensitivos asociados al trayecto del nervio craneal. Pueden ser **fibras aferentes somáticas generales** (las que recogen sensibilidad de piel, mucosas y aparato locomotor) y **fibras aferentes somáticas especiales** (las que recoge el nervio vestibulococlear procedentes de órganos especiales de los sentidos).

d) **Fibras aferentes viscerales**: son fibras que tienen también su cuerpo neuronal en los ganglios sensitivos y recogen información de las vísceras. Se distinguen **fibras aferentes viscerales especiales** (las que proceden de los receptores gustativos) y **fibras aferentes viscerales generales** (las que recogen todas las sensaciones originadas en las vísceras, desde sensación de plenitud a dolor).

En el estudio que haremos de los componentes fibrilares de los nervios craneales emplearemos, con preferencia, términos que indican de forma mas directa el significado funcional de las fibras. Así; 1) las fibras eferentes somáticas se denominarán **fibras estriomotoras**, independientemente de que inerven músculos derivados de miotomos o de arcos branquiales; 2) las fibras aferentes se especificarán como procedentes de mucosas, de piel, de duramadre, de vísceras, etc.; y 3) las fibras eferentes viscerales se denominarán **fibras vegetativas parasimpáticas**.

Clasificación funcional

Los nervios craneales pueden clasificarse conforme al tipo de fibras que contienen. A diferencia de los nervios espinales, que son nervios mixtos —es decir, llevan fibras motoras y sensitivas— los nervios craneales tienen una organización más compleja e irregular. Hay nervios motores, sensitivos y mixtos; algunos conducen, además, fibras parasimpáticas preganglionares para musculatura lisa y glándulas. Por determinados trayectos de algún nervio craneal (V par) circulan, también, fibras parasimpáticas pre y posganglionares «prestadas» por otros nervios.

Se distinguen:

Nervios motores puros: IV, VI, XI, XII
Nervio motor y *parasimpático*: III
Nervio sensitivo puro (sensorial): VIII
Nervio mixto (sensitivo y motor): V
Nervios mixtos (motor, sensitivo y *parasimpático*): VII, IX, X

NERVIOS MOTORES OCULARES

Los nervios motores oculares son el **nervio oculomotor** (**III par**, *nervio motor ocular común*), el **nervio troclear** (**IV par**, *nervio patético*) y el **nervio abducens** (**VI par**, *nervio motor ocular* externo)

Aunque se trata de nervios completamente individualizados, su estudio conjunto simplifica su descripción, ya que tienen un trayecto semejante y, además, actúan conjuntamente sobre la movilidad del globo ocular.

Recomendamos al lector leer previamente al estudio de estos nervios, el apartado de los músculos del globo ocular.

Los nervios motores oculares contienen fibras eferentes estriomotoras para la musculatura extrínseca del ojo y uno de ellos, el nervio oculomotor, transporta, además, fibras eferentes parasimpáticas para la musculatura lisa intrínseca del globo ocular y está asociado, en la órbita, al **ganglio ciliar**. Estos nervios, al mover el ojo, permiten orientar la mirada y asegurar que las imágenes se enfoquen sobre la parte central de la retina; al actuar sobre los músculos lisos del ojo controlan la cantidad de luz que llega a la retina y el enfoque de los objetos según la distancia a la que se encuentran.

Origen aparente (Figs. 18-1 y 18-2)

El **nervio oculomotor** emerge de la superficie ventral del mesencéfalo; lo hace por varias raíces a nivel del borde interno del pedúnculo cerebral, las cuales enseguida convergen en un tronco único.

El **nercio troclear** es el único par craneal que sale por la superficie dorsal del tronco del encéfalo; nace en el mesencéfalo inmediatamente por debajo del colículo inferior.

El **nervio abducens** sale por el surco bulboprotuberancial en las proximidades de la línea media, inmediatamente por encima de la pirámide bulbar.

Trayecto y distribución (Fig. 18-2)

Tras emerger del tronco del encéfalo, los tres nervios se dirigen hacia la órbita, para lo cual recorren primero el espacio subaracnoideo de la fosa craneal posterior, luego convergen sobre el seno cavernoso en la fosa craneal media, el cual atraviesan, y, finalmente, penetran en la cavidad orbitaria por la fisura orbitaria superior distribuyéndose por los diferentes músculos extraoculares.

En la *fosa craneal posterior* (Fig. 18-12) discurren bañados en el líquido cefalorraquídeo del espacio subaracnoideo. El **nervio oculomotor** recorre la cisterna interpeduncular, donde establece importantes relaciones con el polígono de Willis; pasando primero entre la pinza arterial formada por las arterias cerebral posterior y cerebelosa superior (Fig. 18-12) y, luego, a los lados de la comunicante posterior. **El nervio troclear** tiene un trayecto más

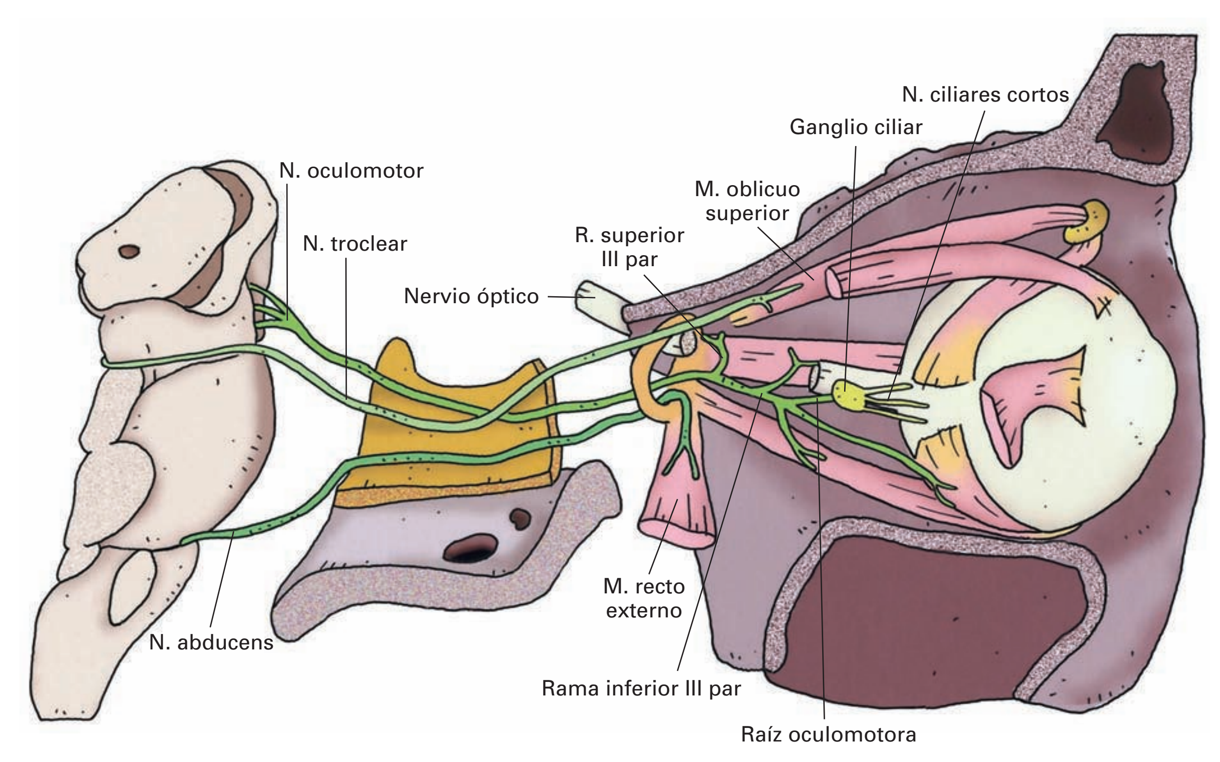


Figura 18-2. Trayecto general de los nervios motores oculares.

largo debido a su origen dorsal; se dirige hacia delante contorneando el pedúnculo cerebral bajo el borde libre de la tienda del cerebelo y en la proximidad de la arteria cerebelosa superior. El **nervio abducens** se incurva fuertemente hacia arriba entre el puente y el canal basilar; en este espacio discurre por la cisterna basal por fuera de la arteria basilar y, normalmente, por detrás de la arteria cerebelosa anteroinferior.

> Las relaciones de estos nervios con las arterias mencionadas son de gran importancia, pues explican que los **aneurismas** de estos vasos puedan afectar a los nervios y provocar parálisis de los músculos del globo ocular.

Para alcanzar el *seno cavernoso* los nervios deben perforar la duramadre (Fig. 18-3). El **nervio oculomotor** atraviesa el techo del seno cavernoso por fuera de la apófisis clinoides posterior, entre las inserciones de los bordes libre y adherente de la tienda del cerebelo. El **nervio troclear** pasa bajo el borde libre de la tienda del cerebelo y alcanza el techo del seno cavernoso inmediatamente por detrás y por fuera del III par. El **nervio abducens** perfora la duramadre más abajo, a los lados del dorso de la silla turca; oculto bajo la duramadre sube hacia el borde superior del peñasco, el cual surca por un pequeño túnel meníngeo sobre el vértice del peñasco.

Una vez en el seno cavernoso, el **nervio abducens** se sitúa en su interior, inmediatamente por fuera de la arteria carótida interna; una delicada vaina fibrosa aísla el nervio de la sangre venosa. Los nervios **oculomotor** y **troclear** discurren por la pared externa del seno en el espesor de la duramadre; el nervio oculomotor por encima del troclear, y, ambos, por encima del nervio oftálmico (rama del V par).

> Las infecciones del seno cavernoso (**tromboflebitis**) son complicaciones muy graves de infecciones de la cara que se propagan por las venas orbitarias. En estos casos, los nervios motores oculares están afectados y se producen parálisis de los músculos del globo ocular. Los aneurismas de la carótida interna dentro del seno cavernoso comprimen los nervios que lo atraviesan.

Finalmente, los nervios motores oculares abandonan el seno cavernoso por su extremo anterior y alcanzan la órbita por la *fisura orbitaria superior* (Fig. 18-4). El acceso a la órbita por esta puerta es algo distinta para cada nervio. El **nervio oculomotor** se divide poco antes de salir del seno cavernoso en una **rama superior** y otra **inferior**, las cuales pasan por el anillo tendinoso común frente a la parte ancha e interna de la fisura orbitaria superior. El **nervio abducens** atraviesa igualmente el anillo tendinoso común por fuera de las ramas del nervio oculomotor. El **nervio troclear**, antes de acceder a la órbita, salta por encima del nervio oculomotor y atraviesa la porción estrecha de la

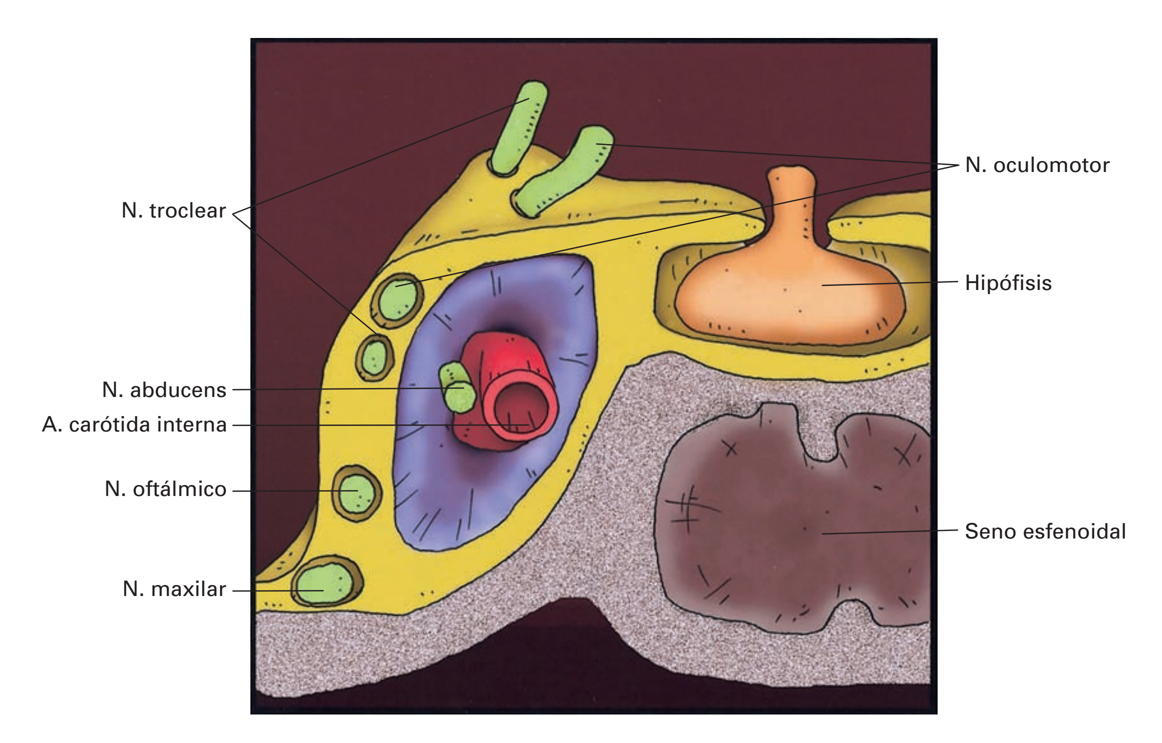


Figura 18-3. Sección frontal del seno cavernoso.

fisura orbitaria superior inmediatamente por fuera del anillo tendinoso común.

Una vez en la *cavidad orbitaria*, en virtud de su diferente acceso, los nervios oculomotor y abducens se sitúan en el interior del cono musculoaponeurótico formado por los músculos rectos; el nervio troclear discurre por el exterior del cono.

La **rama superior** del III par es muy corta, contornea por fuera y por arriba a la arteria oftálmica e inerva los **músculos recto superior** y **elevador del párpado superior**.

La **rama inferior** del III par es larga, se dirige hacia delante y se desgaja en tres ramas: una cruza bajo el nervio óptico y aborda el **músculo recto medial**, otra alcanza el **músculo recto inferior** y otra aborda, por encima del recto inferior, **el músculo oblicuo inferior**; esta última da un ramito (**raíz oculomotora**), a veces doble, que alcanza el ganglio ciliar (Fig. 18-2). La raíz oculomotora lleva fibras parasimpáticas preganglionares que hacen sinapsis con las neuronas del ganglio ciliar; las fibras posganglionares parasimpáticas, formando parte de los nervios ciliares cortos, penetran en el globo ocular rodeando al nervio óptico e inervan los **músculos ciliar** y **esfínter liso de la pupila**.

El **nervio abducens** tiene un trayecto corto. Se dirige hacia fuera y se aplica a la cara profunda del **músculo recto lateral**, al que inerva.

El **nervio troclear**, nada más penetrar en la órbita, se dirige medialmente entre el periostio del techo de la órbita y el músculo elevador del párpado superior e inerva el **músculo oblicuo superior** cerca de su origen.

Anastomosis

A nivel del seno cavernoso los tres nervios motores oculares establecen finas anastomosis con el nervio oftálmico (rama del V par) y con el plexo simpático pericarotídeo. Las anastomosis con el V par incorporan al sistema del trigémino las fibras sensitivas propioceptivas de los músculos de la órbita. Las anastomosis del plexo simpático pericarotídeo incorporan a los nervios motores oculares, en el final de su trayecto, fibras simpáticas posganglionares que se distribuyen por los músculos tarsales superior e inferior y, quizá, contribuyan también a la inervación de los finos vasos de los músculos extraoculares.

Sistematización

Los tres nervios motores oculares están constituidos por fibras eferentes somáticas; además, el III par transporta fibras eferentes vegetativas parasimpáticas.

Las fibras eferentes somáticas tienen su origen real en núcleos neuronales situados en la protuberancia y en el mesencéfalo, muy próximos a la superficie del IV ventrículo o al acueducto cerebral**.**

Nervio oculomotor (Fig. 18-5)

Las *fibras estriomotoras* tienen su origen real en el **núcleo oculomotor**. Este núcleo es un conjunto neuronal situado en el mesencéfalo a nivel de los colículos superiores; se

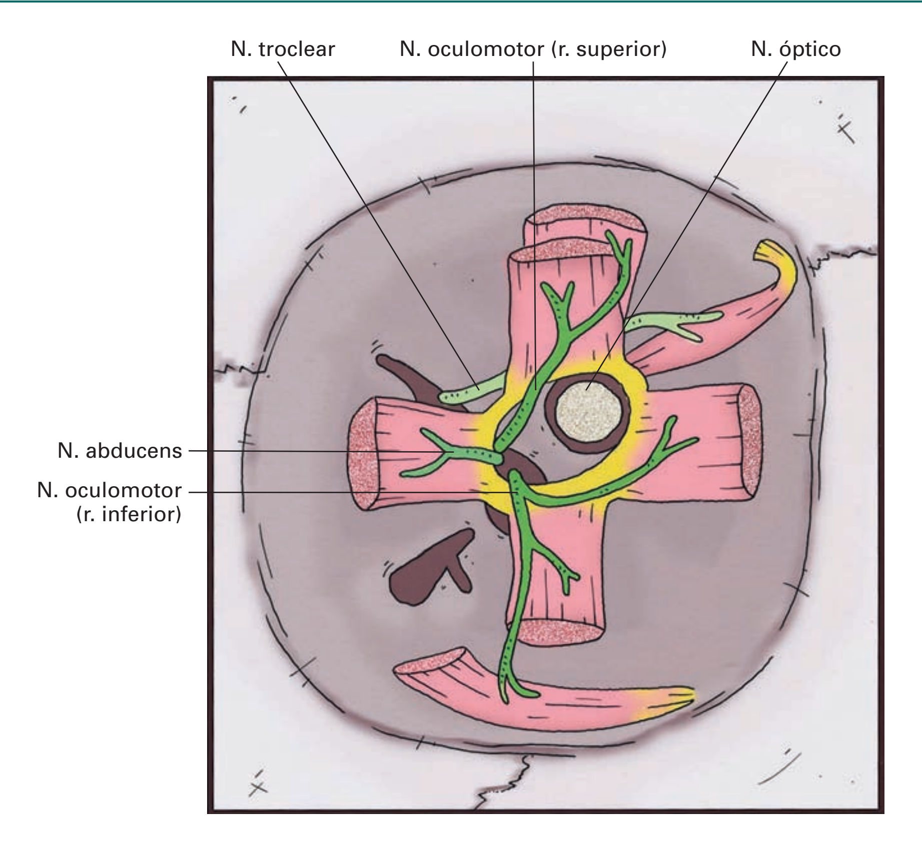


Figura 18-4. Distribución de los nervios motores oculares en una visión anterior de la órbita.

dispone inmediatamente por delante de la sustancia gris central. Las axones se dirigen hacia delante en la calota mesencefálica, atravesando el núcleo rojo y la parte medial de la sustancia negra; finalmente, escapan del tronco del encéfalo por el origen aparente del nervio. Las fibras inervan los músculos elevador del párpado superior, recto superior, recto inferior, recto medial y oblicuo inferior.

Las *fibras eferentes vegetativas* son de naturaleza parasimpática. Tienen su origen real en el **núcleo oculomotor accesorio** (*de Edinger-Westphal),* el cual se sitúa dorsomedialmente con respecto al núcleo oculomotor. Ambos núcleos constituyen el denominado *complejo oculomotor*. Las fibras (fibras parasimpáticas preganglionares) siguen el mismo trayecto intracentral e intracraneal que las fibras estriomotoras. En la órbita viajan con la rama inferior del III par y alcanzan el ganglio ciliar por la raíz oculomotora (Fig. 19-9). En el ganglio hacen sinapsis con la segunda neurona parasimpática, cuyas fibras posganglionares se incorporan a los nervios ciliares cortos y penetran en el globo ocular. Inervan el esfínter liso de la pupila y el músculo ciliar. Estas fibras constituyen el brazo eferente de los importantes reflejos de acomodación a la luz y a la distancia. El esfínter liso de la pupila constriñe la pupila (miosis) reduciendo la cantidad de luz que entra en el ojo; el músculo ciliar aumenta la curvatura del cristalino para enfocar los objetos cercanos.

Nervio troclear (Fig. 18-6)

Las *fibras estriomotoras* tienen su origen real en el **núcleo troclear**. Éste consiste en una pequeña población neuronal situada en el mesencéfalo, caudalmente al núcleo oculomotor, en la parte ventral de la sustancia gris central, a la altura del colículo inferior. Las fibras que salen del núcleo se dirigen hacia atrás contorneando la sustancia gris central; dorsalmente al acueducto cerebral se entrecruzan totalmente **(decusación troclear**); finalmente, abandonan el mesencéfalo bajo el colículo inferior. El nervio troclear está formado por fibras cruzadas que inervan el músculo oblicuo superior.

Nervio abducens (Fig. 18-7)

Está formado, como el precedente, por fibras exclusivamente *estriomotoras* que tienen su origen real en el **núcleo abducens**. Se trata de una población neuronal de forma redondeada situada en la placa ventricular del puente muy cerca de la línea media; contribuye a formar el colículo facial del suelo del IV ventrículo. Sus axones se dirigen hacia delante y hacia abajo atravesando la calota protuberancial, el lemnisco medial y la porción anterior del puente para salir finalmente por el origen aparente en el surco

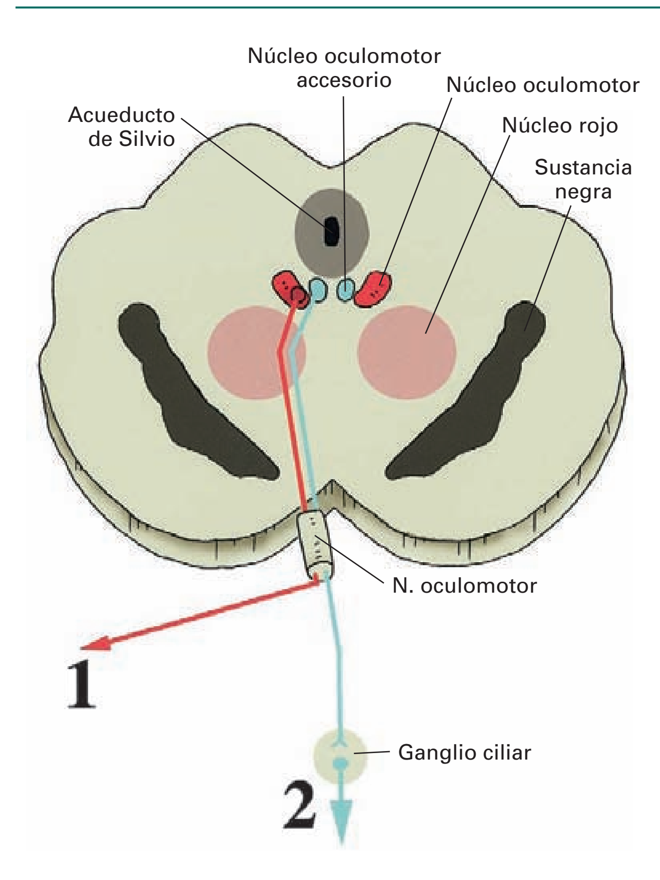


Figura 18-5. Origen real y sistematización fibrilar del nervio oculomotor en una sección transversal del mesencéfalo a nivel del colículo superior. 1) Territorio de inervación motora (rojo): músculos elevador del párpado, recto superior, recto medial, recto inferior y oblicuo inferior. 2) Territorio de inervación parasimpática (azul): músculos ciliar y esfínter liso de la pupila.

bulboprotuberancial. Sus fibras, directas, llegan al músculo recto lateral.

Los tres nervios motores oculares conducen en la parte final de su trayecto *fibras aferentes propioceptivas* de los músculos extraoculares. Estas fibras pertenecen al sistema del V par. A nivel del seno cavernoso se incorporan al nervio oftálmico por finas anastomosis.

Las lesiones de los nervios motores oculares son consecuencia de compresiones por tumores o aneurismas, o bien de secciones producidas por un traumatismo craneoencefálico. Se caracterizan por desviaciones del globo ocular (**estrabismo**) debidas al predominio de los músculos no paralizados. Estas desviaciones alteran la formación de la imagen y aparece visión doble (**diplopía**).

En la lesión del III par, el ojo se desvía hacia fuera (predominio del recto lateral) y hacia abajo (predominio del oblicuo superior). Además, el párpado superior está caído (**ptosis palpebral**). La alteración de las fibras parasimpáticas determina que la pupila esté dilatada (**midriasis**) por parálisis del esfínter de la pupila y que sea imposible enfocar los objetos cercanos como consecuencia de la parálisis de los músculos ciliar y esfínter de la pupila.

La lesión del IV par paraliza el músculo oblicuo superior. El paciente no puede dirigir el ojo hacia abajo y hacia fuera y tiene diplopía cuando mira hacia abajo o cuando lee; para compensar el déficit levanta la cabeza y la inclina hacia el lado sano; la mirada adquiere una expresión «patética» (de donde procede la antigua denominación de nervio patético).

La lesión del VI par provoca la parálisis del músculo recto lateral. El ojo aparece desviado hacia dentro y no se puede dirigir hacia fuera. En muchas ocasiones, los pacientes mantienen la cabeza girada hacia el lado afectado con el fin de compensar el déficit.

MÚSCULOS DEL GLOBO OCULAR

Los **músculos del globo ocular** (**músculos extraoculares**) son siete músculos estriados que se encuentran en la cavidad orbitaria (Figs. 18-8 y 18-9). Seis de ellos movilizan el ojo y uno, el párpado superior.

Se pueden distinguir *tres grupos:* músculos rectos, músculos oblicuos y músculo elevador del párpado superior. Se denomina **músculo orbitario** a un conjunto muy fino de fibras musculares lisas que cubren parcialmente la fisura orbitaria inferior.

Los **múculos rectos** son cuatro cintas musculares que se extienden desde el fondo de la órbita hasta la esclerótica. Reciben la denominación de la pared orbitaria con la que se relacionan: **recto superior, recto medial, recto inferior** y **recto lateral**.

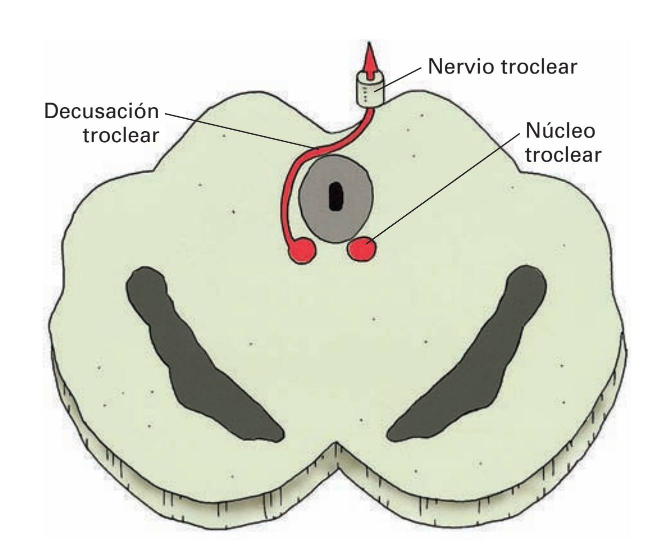


Figura 18-6. Origen real y sistematización fibrilar del nervio troclear en una sección transversal del mesencéfalo a nivel del colículo inferior. Territorio de inervación motora: músculo oblicuo superior.

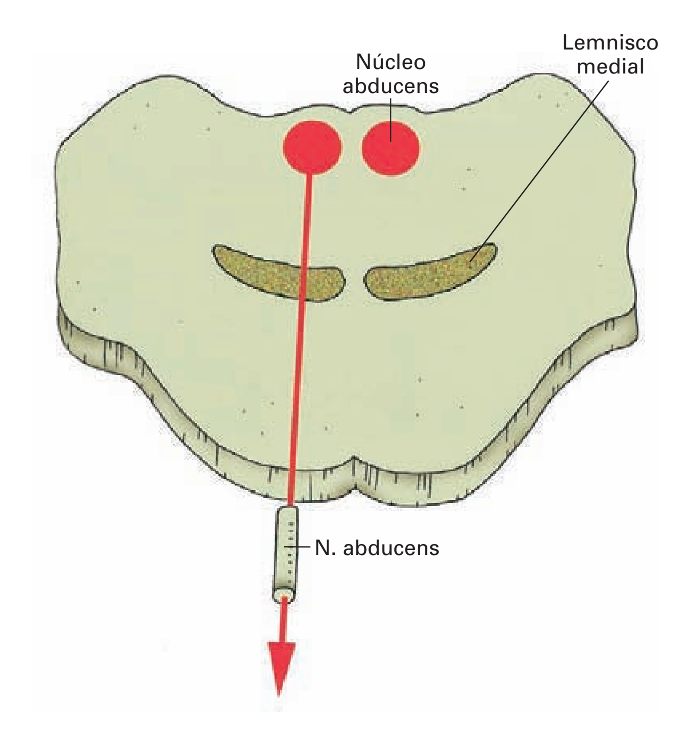


Figura 18-7. Origen real y sistematización fibrilar del nervio abducens en una sección transversal del puente. Territorio de inervación motora: músculo recto lateral.

Tienen sus origen en un potente anillo fibroso (**anillo tendinoso común**) que rodea el conducto óptico y la parte ancha de la fisura orbitaria superior. Se dirigen hacia delante y terminan insertándose en la esclerótica mediante una prolongación tendinosa plana que atraviesa la vaina del globo ocular. La inserción se realiza por detrás del limbo esclerocorneal, a una distancia diferente para cada uno de los músculos. La distancia de inserción aumenta progresivamente siguiendo el orden de recto medial, recto inferior, recto lateral y recto superior.

El recto medial se inserta a unos 5-5.5 mm de la córnea; el recto inferior a unos 6-6.5 mm; el recto lateral a 7 mm; y el recto superior a unos 8 mm.

Las fascias de los músculos rectos se unen entre sí dando lugar a la formación de un cono musculoaponeurótico, lleno de grasa situado entre el anillo tendinoso y el globo ocular, y por el que discurren gran parte de los nervios y vasos de la cavidad orbitaria (véase Topografía de la órbita).

Los **músculos oblicuos** son el oblicuo superior y el inferior.

El **músculo oblicuo superior** se origina en el periostio orbitario superomedialmente al conducto óptico; sigue la arista que separa el techo de la pared medial de la órbita, por encima del recto medial, y cerca del reborde orbitario

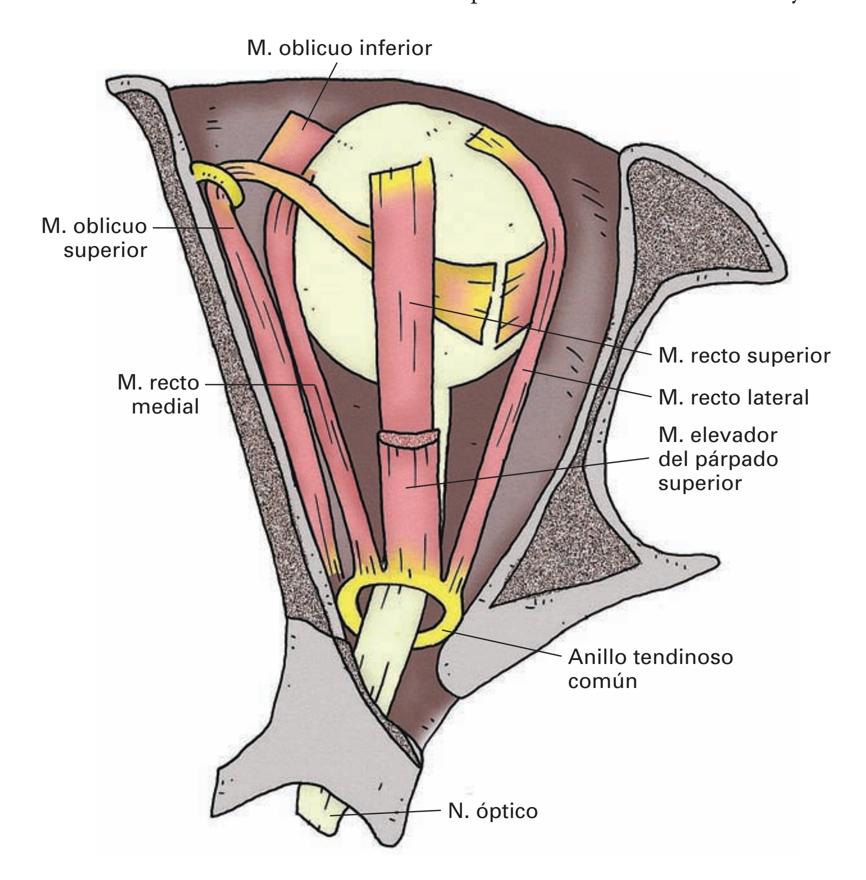


Figura 18-8. Músculos extraoculares. Visión superior de la órbita.

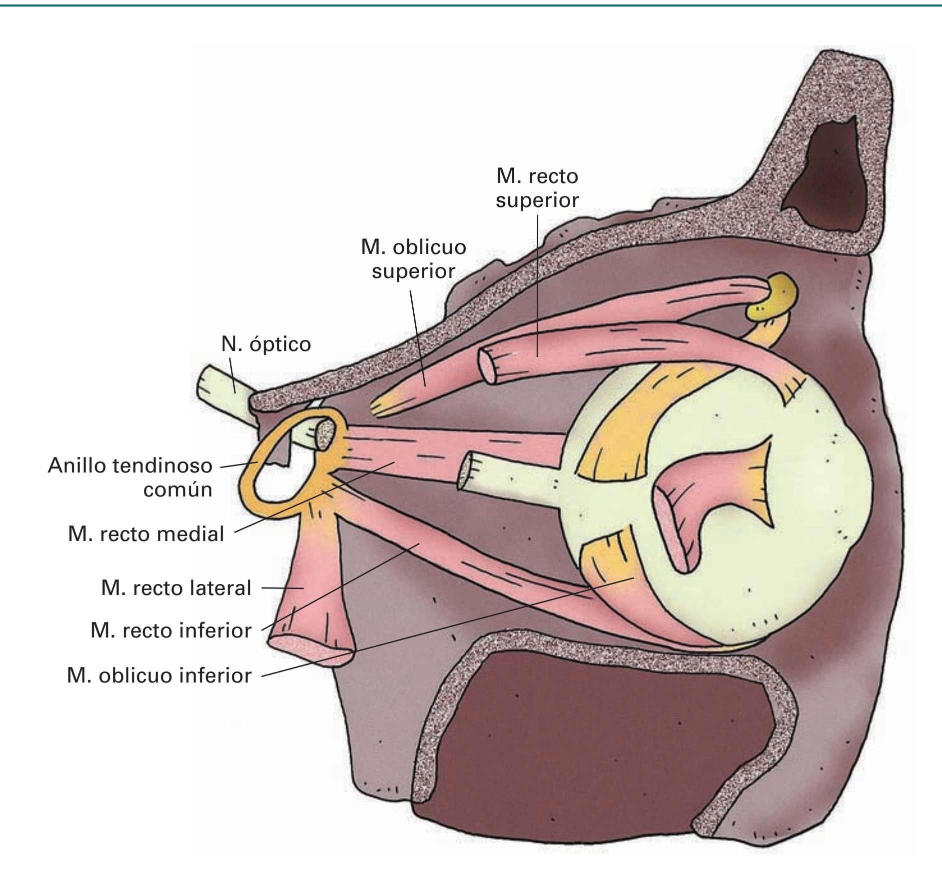


Figura 18-9. Músculos extraoculares. Visión lateral de la órbita.

se continúa con un tendón cilíndrico que se introduce en un anillo de cartílago fibroso (la **tróclea**) que se fija en la fosita troclear de la órbita. Apoyado sobre la polea y rodeado de una vaina tendinosa, el tendón cambia de dirección y se dirige oblicuamente hacia fuera y hacia atrás, pasa por encima del globo ocular, bajo el recto superior y termina mediante un tendón plano en la parte superolateral del hemisferio posterior del globo ocultar.

El **músculo oblicuo inferior** es el único de los músculos del ojo que no nace en el fondo de la órbita. Tiene su origen en el suelo de la órbita, lateral al conducto nasolagrimal; se dirige oblicuamente hacia fuera y hacia atrás sobre el suelo de la órbita, pasa bajo la terminación del músculo recto inferior y termina por un tendón plano en la parte inferolateral del hemisferio posterior del globo ocular. El trayecto del músculo es paralelo al de la porción terminal del músculo oblicuo superior.

El **músculo elevador del párpado superior** es un músculo delgado y triangular. Se origina en el periostio por encima del conducto óptico y se dirige hacia delante inmediatamente por debajo del techo de la órbita. Termina mediante una lámina tendinosa amplia que se expande en abanico por toda la anchura del párpado superior.

Dicha lámina tendinosa se divide en una lámina superficial y una lámina profunda. La **lámina superficial** termina en la piel párpado pasando por encima del tarso y atravesando los fascículos del músculo orbicular del ojo. La **lámina profunda** se inserta en el borde superior del tarso. Acompañando a esta lámina profunda hay fibras musculares lisas (**músculo tarsal superior**).

Acciones

El **músculo elevador del párpado superior** eleva el párpado y mantiene abierta la hendidura palpebral. Su antagonista es el orbicular de los ojos. Su acción controla la intensidad de luz y contribuye al parpadeo, que facilita la distribución de las lágrimas. El **músculo tarsal superior** ayuda al elevador y participa en la expresión de mirada asustada.

Los **músculos rectos** y **oblicuos** movilizan el globo ocular. El ojo se mueve en torno a tres ejes: transversal, vertical y anteroposterior. Los movimientos se definen según el desplazamiento de la pupila. Sobre el eje transversal se producen los movimientos de *elevación* y *descenso*; sobre el eje vertical se producen los de *aproximación (aducción)* y *separación (abducción)*; en fin, sobre el eje anteroposterior se producen las *rotaciones medial* y *lateral* (Fig. 18-10; Tabla 18-1).

Los músculos rectos lateral y medial tienen acciones simples, únicamente sobre el eje vertical. Así, el músculo

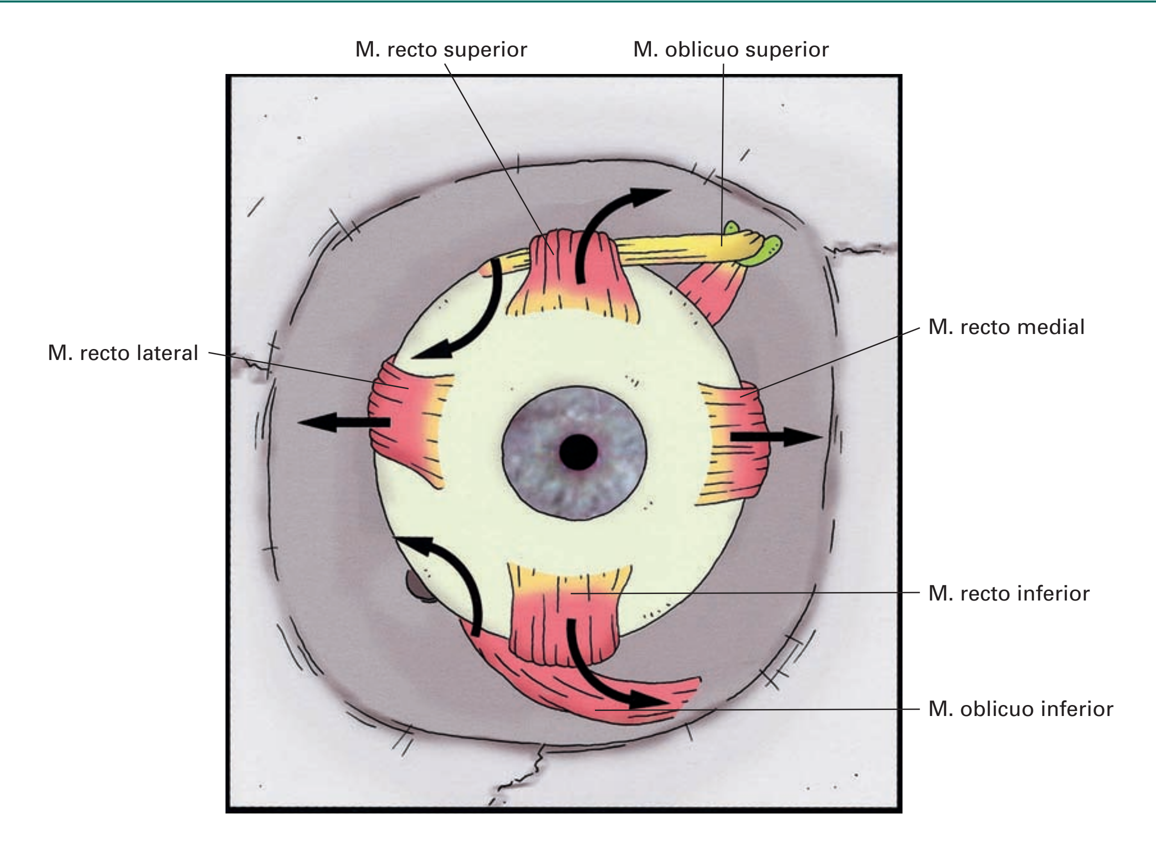


Figura 18-10. Representación esquemática de las acciones de los músculos del globo ocular. Las flechas negras indican la dirección del movimiento (véase Tabla 18-1).

recto lateral separa el globo ocular, y el músculo recto medial lo aproxima.

Los restantes músculos tienen acciones más complejas pues movilizan el ojo en torno a los tres ejes.

El músculo recto superior produce elevación, aproximación y rotación medial. El músculo recto inferior produce descenso, aproximación y rotación lateral. El músculo oblicuo superior realiza descenso, separación y rotación medial. El músculo oblicuo inferior provoca ascenso, separación y rotación lateral.

Los músculos del globo ocular realizan complejas sinergias entre ellos; actúan conjuntamente con los músculos del globo ocular contralateral (movimientos conjugados de los ojos) e intervienen muchas veces con los movimientos de la cabeza.

Inervación

Los músculos elevador del párpado superior, recto superior, recto medial, recto inferior y oblicuo inferior son inervados por el nervio oculomotor (III par). El músculo oblicuo superior es inervado por el nervio troclear (IV par). El músculo reto lateral está inervado por el nervio abducens (IV par).

NERVIO TRIGÉMINO

El **nervio trigémino (V par)** es el más voluminoso de los nervios craneales. Es un nervio mixto, sensitivo y motor que incorpora, además, en parte de su trayecto, fibras eferentes vegetativas prestadas por otros nervios para alcanzar

Tabla 18-1. Acciones de los músculos del globo ocular

Músculo	*Acción*
Recto superior	Elevación, aproximación, rotación medial
Recto inferior	Descenso, aproximación, rotación lateral
Recto medial	Aproximación
Recto lateral	Separación
Oblicuo superior	Descenso, separación, rotación medial
Oblicuo inferior	Elevación, separación, rotación lateral

su destino. El trigémino es el nervio del primer arco branquial e inerva estructuras que se desarrollan a partir de él. Su componente sensitivo está asociado con el **ganglio del trigémino** (*ganglio de Gasser*)[2] y recoge gran parte de la sensibilidad de la cabeza. Su porción motora inerva los músculos masticadores. El nervio está formado por un tronco común que emite tres gruesas ramas terminales que dan nombre al nervio, la **rama oftálmica, la rama maxilar** y la **rama mandibular,** las cuales se distribuyen en un extenso territorio por las cavidades de la cara: órbita, fosas nasales, cavidad bucal, fosa pterigopalatina, fosa infratemporal y fosa temporal. En la proximidad de cada una de estas ramas hay un ganglio parasimpático asociado. En relación con la rama oftálmica está el **ganglio ciliar**, con la rama maxilar el **ganglio pterigopalatino** (*ganglio esfenopalatino*) y con la rama mandibular el **ganglio ótico**.

Origen aparente (Fig. 18-11)

El nervio trigémino sale del tronco del encéfalo por la parte lateral de la protuberancia, en el límite convencional entre el rodete y el pedúnculo cerebeloso medio. Está formado por una raíz voluminosa, la **raíz sensitiva** y, otra más delgada, la **raíz motora**; esta última se sitúa, en su origen, medialmente a la raíz sensitiva.

Trayecto del tronco nervioso (Fig. 18-12)

La **raíz sensitiva** se dirige hacia delante y algo hacia fuera en el espacio subaracnoideo de la fosa craneal posterior destacando por su grosor del resto de nervios vecinos; aborda la fosa craneal media saltando por encima del borde superior del peñasco cerca de su vértice y se esconde bajo la duramadre que cubre la cara anterior del peñasco en un túnel meníngeo denominado **cavidad del trigémino** (*cavum de Meckel*)[3], donde se continúa inmediatamente con el ganglio del trigémino.

El **ganglio del trigémino** (*ganglio de Gasser*) tiene el aspecto de una expansión triangular del nervio; es el más voluminoso de los ganglios sensitivos. De su parte anterior irradian las tres ramas terminales del nervio como tres dedos separados de una mano; de medial a lateral: **el nervio oftálmico**, el **nervio maxilar** y el **nervio mandibular**. El nervio oftálmico sería el dedo medio, el maxilar el dedo índice y el mandibular el dedo pulgar. El ganglio se apoya sobre una discreta depresión de la cara anterior del peñasco (impresión trigeminal) en las proximidades del vértice. La relación con la arteria carótida interna, subyacente a través del hueso, es muy íntima. El ganglio ocupa la **cavidad trigeminal,** un desdoblamiento de la duramadre a la que se accede a través de un orificio ovalado y estrecho comprendido entre el borde superior del peñasco y el seno petroso superior. La cavidad emite hacia delante tres cortas prolongaciones que envuelven los ramos terminales hasta su salida de la fosa craneal media. El ganglio se adhiere íntimamente al techo meníngeo de la cavidad, lo que dificulta su disección; por el contrario, se separa muy fácilmente del suelo dural, bajo el que discurre el nervio petroso mayor (rama del nervio facial). Lógicamente, un

[2] Johan Lorenz Gasser (1723-1765), médico y anatomista austríaco.

[3] Johan Friedrich Meckel (1714-1774), anatomista alemán, profesor de las universidades de Gotinga y Berlín.

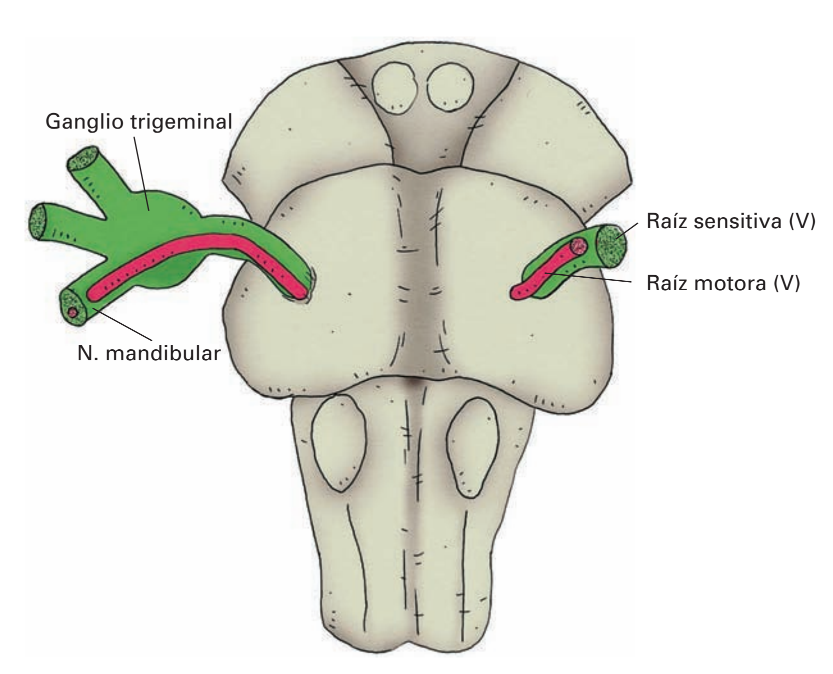


Figura 18-11. Origen aparente del nervio trigémino.

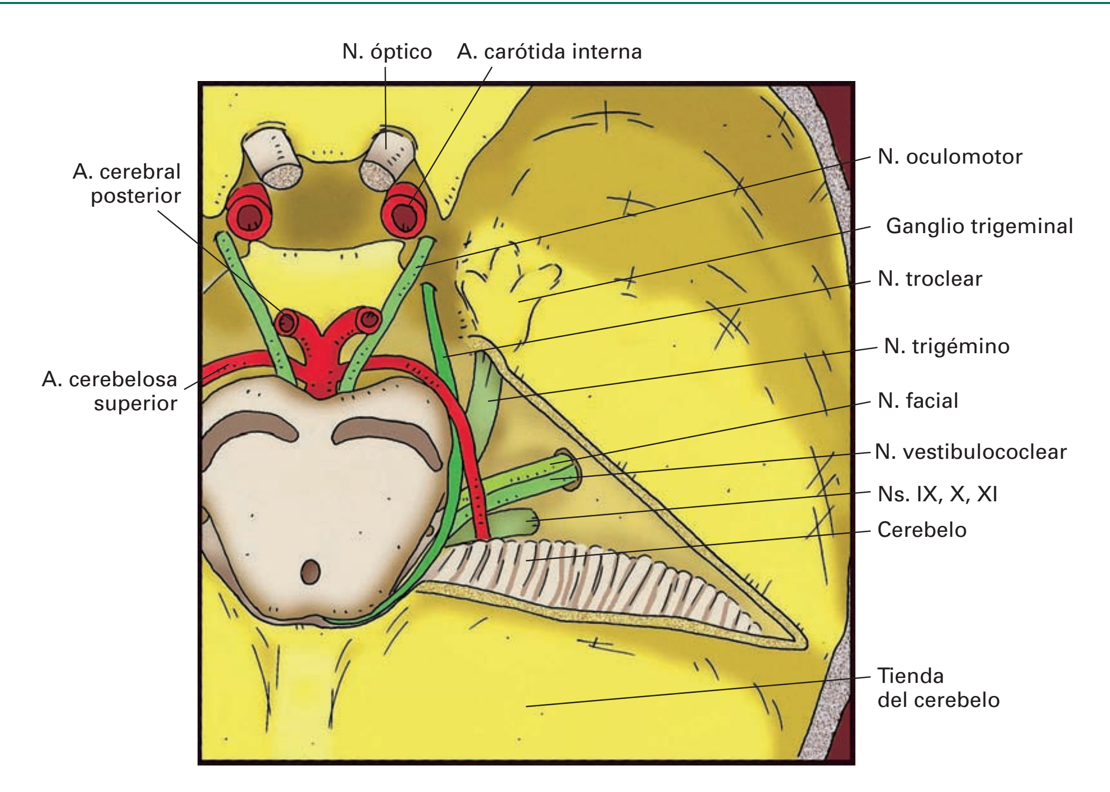


Figura 18-12. Visión superior de la región del ángulo pontocerebeloso tras abrir parcialmente la tienda del cerebelo.

fondo de saco leptomeníngeo envuelve al ganglio en el interior de la cavidad dural.

La **raíz motora** acompaña a la raíz sensitiva hasta la cavidad del trigémino. A medida que avanza, contornea medialmente a la raíz sensitiva y se hace inferior a ella. Se coloca bajo el ganglio del trigémino y se fusiona íntegramente al nervio mandibular, al que incorpora sus fibras (Fig. 18-11).

El nervio o sus ramas terminales pueden afectarse por múltiples causas, como fracturas de la base del cráneo o de los huesos de las cavidades faciales, tumores, o por inflamación de los senos paranasales (sinusitis). Se producirá una déficit de la sensibilidad (anestesia) en todo el territorio del nervio o bien en una zona más limitada, que dependerá de la rama afectada. El médico explorará este déficit mediante procedimientos muy sencillos como pasar un algodón o pinchar suavemente con una aguja fina. Puede aparecer también una debilidad de los músculos masticadores con desviación de la boca.

La afectación más frecuente es la **neuralgia del trigémino**. Se caracteriza por un dolor insoportable, de duración muy breve, intermitente, que afecta generalmente al territorio sensitivo de las ramas maxilar y mandibular. La causa no es bien conocida. Si fracasa el tratamiento médico se recurre a la cirugía; en este caso se secciona el nervio (rizotomía) por detrás del ganglio de Gasser a nivel del cavum trigeminal. La sección se hace, actualmente, mediante la colocación de un electrodo que destruye el nervio por radiofrecuencia o bien inyectando glicerol en la cavidad. A la cavidad del trigémino se puede acceder por vía percutánea, sin necesidad de abrir el cráneo. Se introduce una aguja en la depresión entre la tuberosidad del maxilar y la rama ascendente de la mandíbula, y se dirige oblicuamente en dirección al agujero oval por el que se accede a la cavidad del trigémino y al nervio. Una explicación muy en boga de la neuralgia es que ésta se produce por la existencia de un vaso tortuoso y anómalo que comprime el tronco nervioso al salir de la protuberancia; el neurocirujanao descomprime el nervio entrando en la fosa craneal posterior.

NERVIO OFTÁLMICO (Fig. 18-13)

El **nervio oftálmico** se desprende de la parte anterior e interna del ganglio del trigémino, se dirige hacia delante y aborda inmediatamente la pared externa del *seno cavernoso* discurriendo por debajo del III par y del IV par; a este nivel emite un ramo meníngeo, el **nervio tentorial** (*nervio recurrente de Arnold*), el cual se torna hacia atrás en el espesor de la duramadre y, discurriendo en las proximidades del nervio troclear, inerva la tienda del cerebelo y la base de la hoz del cerebro. Cerca de la *fisura orbitaria superior*, que le sirve de puerta de acceso a la órbita, se divide en tres ramas terminales: **nervio lagrimal**, **nervio frontal** y **nervio nasociliar**. Las tres ramas atraviesan la fisura orbitaria

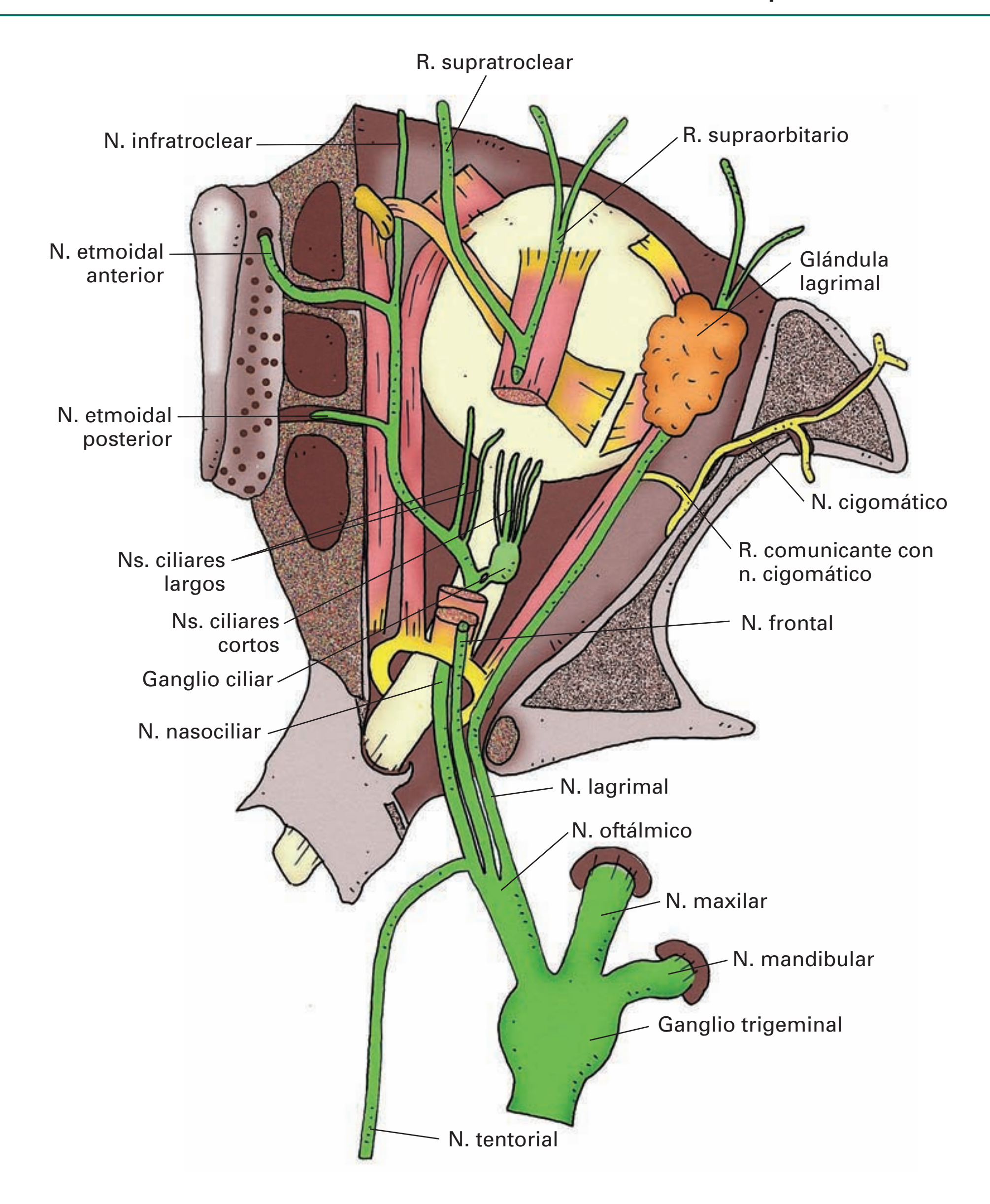


Figura 18-13. Nervio oftálmico en una visión superior de la órbita y de la fosa craneal media. El nervio frontal y los músculos elevador del párpado superior y recto superior han sido parcialmente seccionados.

superior de la siguiente manera: el nervio lagrimal y el nervio frontal lo hacen por la parte estrecha de la fisura, por fuera del anillo tendinoso común y del IV par; el nervio lagrimal es lateral con respecto al frontal; el nervio nasociliar penetra por el anillo tendinoso entre las ramas superior e inferior del III par.

Una vez en la *cavidad orbitaria*, el trayecto y la distribución de las ramas del oftálmico son como sigue.

El **nervio lagrimal** se aplica a la pared lateral de la órbita por encima del músculo recto lateral (puede considerarse su músculo satélite) hasta alcanzar la glándula lagrimal en compañía de los vasos lagrimales. Atraviesa la glándula, o pasa bajo ella, y emerge por el ángulo superoexterno del reborde orbitario para distribuirse por la parte externa del párpado superior y de la conjuntiva ocular.

Antes de alcanzar la glándula lagrimal, recibe una importante anastomosis, en forma de arco, del nervio maxilar (**ramo comunicante con el nervio cigomático**), la cual discurre por el periostio de la pared externa de la órbita; mediante esta unión se incorporan al nervio lagrimal fibras vegetativas parasimpáticas posganglionares (del sistema del nervio facial) procedentes del ganglio pterigopalatino. Estas fibras, y otras nacidas directamente de la arcada anastomótica, inervan la glándula lagrimal y determinan la secreción de las lágrimas.

El **nervio frontal** se dirige hacia delante adosado al techo de la órbita, por encima del músculo elevador del párpado superior. Se divide en una **rama supraorbitaria** y una **rama supratroclear.** La **rama supraorbitaria** sale de la órbita por la escotadura o agujero supraorbitario; antes

de salir, da una *rama frontal interna* que pasa por encima del tendón del músculo oblicuo superior y sale medialmente a la anterior bajo el reborde orbitario. La **rama supratroclear** pasa sobre la tróclea del músculo oblicuo superior y sale por el ángulo superointerno de la órbita; esta última se anastomosa con el nervio infratroclear. Mediante estas ramas el frontal se distribuye por la piel de la frente y del cuero cabelludo hasta el vértex , la piel del párpado superior y la conjuntiva, la piel de la raíz de la nariz, el periostio del hueso frontal y la mucosa del seno frontal. Al salir bajo el reborde supraorbitario, las ramas del nervio son profundas con respecto al músculo occipitofrontal, pero luego le perforan para alcanzar su destino.

El punto de salida del nervio frontal puede ser doloroso a la palpación en caso de irritación del nervio, como, por ejemplo, en caso de una sinusitis frontal.

El **nervio nasociliar**, una vez en la órbita, se dirige oblicuamente hacia delante y hacia dentro en el interior del cono musculoaponeurótico formado por los rectos oculares. Al principio se sitúa bajo el músculo recto superior y por encima del nervio óptico y de la arteria oftálmica, a los que cruza; luego alcanza el borde inferior del músculo oblicuo superior y sigue hacia delante entre éste (su músculo satélite) y el músculo recto medial cerca de la pared interna de la órbita. Perfora la fascia del cono musculoaponeurótico y busca el conducto etmoidal anterior, por donde escapa con el nombre de **nervio etmoidal anterior** (*nervio nasal interno*). Llega a la fosa craneal anterior y discurre sobre la lámina cribosa cubierto por la duramadre; atraviesa la lámina cribosa a los lados del extremo anterior de la apófisis *crista galli* y aborda las fosas nasales (Fig. 18-15). Bajo la mucosa del techo da **ramas nasales mediales** para la parte anterior del tabique nasal y **ramas nasales laterales** que se distribuyen por la parte más anterior de la pared externa de las fosas nasales; de estas ramas laterales surge el **ramo nasal externo,** el cual desciende por detrás del hueso propio de la nariz donde deja un surco, se insinúa entre el hueso y el cartílago nasal lateral y se distribuye por la piel de las alas y vértice de la nariz.

El nervio nasociliar emite las siguientes ramas colaterales:

a) El **nervio infratroclear** (*nervio nasal externo*), que se desprende a la altura del origen del nervio etmoidal anterior y se dirige hacia delante bajo la polea del músculo oblicuo superior, distribuyéndose por la piel y conjuntiva de la comisura palpebral interna, el saco y conductos lagrimales, y la piel de la raíz de la nariz. Se anastomosa con el nervio supratroclear.

b) El **nervio etmoidal posterior** es un pequeño y fino nervio que a través del conducto etmoidal posterior, inerva las celdillas etmoidales posteriores y el seno esfenoidal.

c) Ramas de carácter vegetativo y sensitivas para el globo ocular, las cuales discurren por dos vías distintas. 1) Un **ramo comunicante del nervio nasociliar**, que se desprende del nervio nada más penetrar en la órbita y alcanza el ganglio ciliar; sus fibras atraviesan el ganglio sin hacer sinapsis y llegan al globo ocular formando parte de los nervios ciliares cortos. 2) Los **nervios ciliares largos**, en número de dos o tres, se desprenden del tronco nervioso cuando éste discurre sobre el fascículo óptico y, siguiéndolo, alcanzan el globo ocular por detrás. Estos ramos transportan fibras simpáticas posganglionares para los vasos oculares y el músculo dilatador de la pupila, así como fibras sensitivas de la córnea, el iris y la región ciliar.

NERVIO MAXILAR (Figs. 18-14 y 18-15)

El **nervio maxilar** se desprende del borde anterior del ganglio del trigémino inmediatamente por fuera del oftálmico. Se dirige hacia delante envuelto en la prolongación media de la cavidad del trigémino, apoyado sobre el ala mayor del esfenoides, en la parte más baja de la pared externa del seno cavernoso. Sale de la fosa craneal media por el *agujero redondo* y penetra en *la fosa pterigopalatina*, relacionándose allí íntimamente con el **ganglio pterigopalatino**. En la fosa se acoda ligeramente hacia fuera y hacia delante para buscar la fisura orbitaria superior, por la que alcanza el *suelo de la órbita*, denominándose entonces **nervio infraorbitario**; se acoda de nuevo hacia delante dibujando una «bayoneta» y discurre por el canal y el conducto infraorbitario para, finalmente, emerger en la cara por el agujero infraorbitario y distribuirse en un amplio ramillete de ramas terminales. Éstas, aparecen , en principio, cubiertas por el músculo elevador del labio superior; tras atravesarle, se distribuyen hacia el párpado inferior y su **conjuntiva (ramas palpebrales**), piel y mucosa del labio superior (**ramas labiales**) y piel de la parte lateral de la nariz (**ramas nasales**).

A lo largo de su trayecto, el nervio contrae importantes relaciones con algunas estructuras. Primero, con las que ocupan el seno cavernoso y luego, en el agujero redondo, está envuelto en un pequeño plexo venoso que comunica el seno con las venas pterigoideas; en la fosa pterigopalatina se dispone por encima del ganglio pterigopalatino, al que está íntimamente unido, y de la arteria maxilar; al discurrir por el suelo de la órbita se acompaña de la arteria infraorbitaria y se sitúa inmediatamente por encima del seno maxilar.

La relación con el seno maxilar puede provocar la afectación del nervio en caso de inflamación de la mucosa sinusal, especialmente si hay dehiscencias del conducto infraorbitario que ponen en contacto la mucosa con el nervio. El punto de salida del nervio infraorbitario está situado a medio centímetro por debajo del reborde inferior de la órbita y es un punto doloroso a la palpación en casos de irritación del nervio.

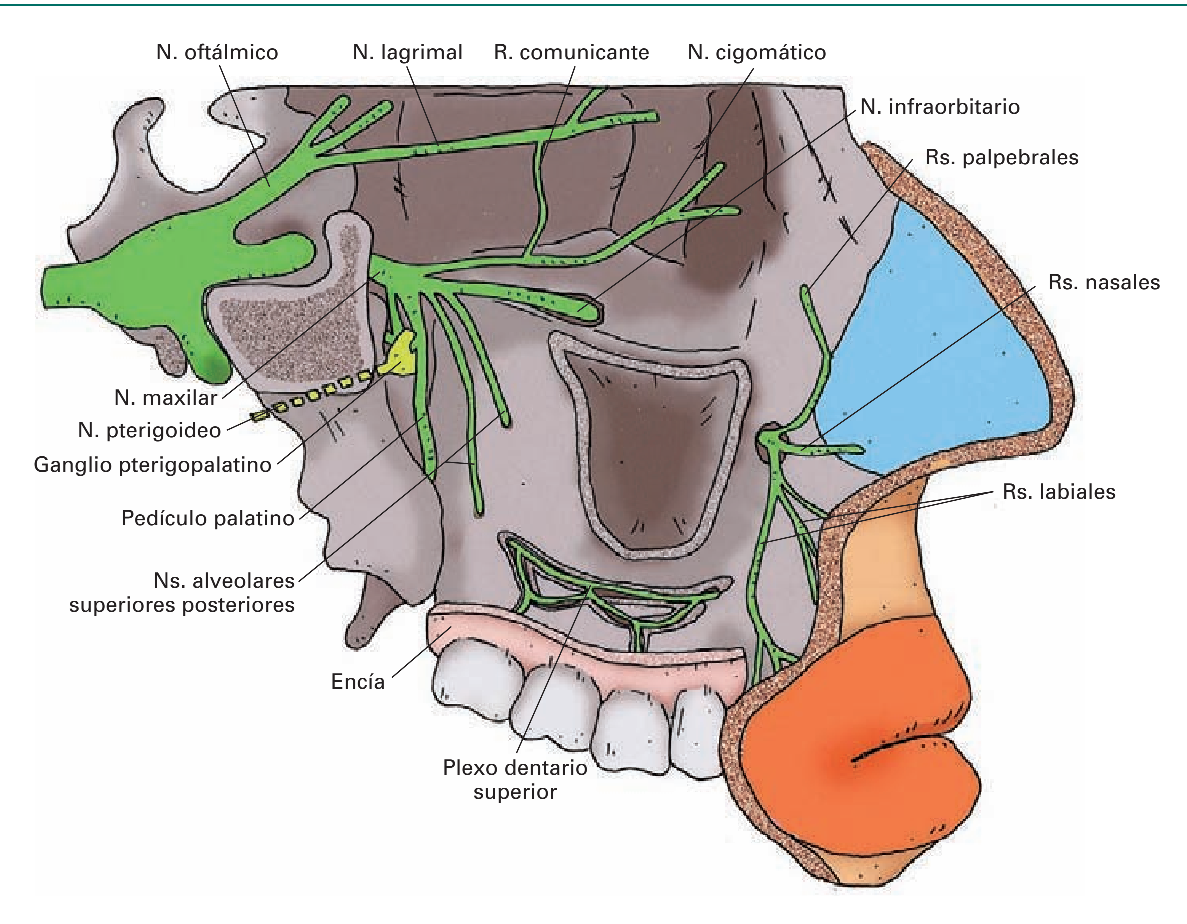


Figura 18-14. Nervio maxilar.

Ramas colaterales

El nervio maxilar emite un conjunto muy numeroso de ramas cuya sistematización varía según los diversos autores. Distinguiremos aquí las siguientes ramas: nervio cigomático, grupo de nervios de las fosas nasales y del paladar (nervio esfenopalatino), grupo de nervios alveolares superiores y otras.

1) El **nervio cigomático** (Figs. 18-13 y 18-14) es una fina rama que se desprende del nervio en la fosa pterigopalatina. Pasa por la fisura orbitaria inferior y se sitúa en la pared externa del la órbita empotrado en el periostio, lo que dificulta mucho su disección. Penetra en el conducto del hueso malar por el agujero cigomaticoorbitario y se divide en dos ramas, el **ramo cigomaticotemporal**, que sale a la piel de la región temporal anterior, y el **ramo cigomaticofacial**, que se distribuye por la piel del pómulo. Antes de penetrar en el malar, da una anastomosis al nervio lagrimal (ramo comunicante con el nervio cigomático); esta anastomosis lleva fibras parasimpáticas posganglionares procedentes del ganglio pterigopalatino. Algunas fibras de la arcada alcanzan directamente la glándula lagrimal.

2) El *grupo de los nervios nasales* y *palatinos (nervio esfenopalatino)* es un complejo de ramas nerviosas de difícil sistematización que están destinadas a las fosas nasales y al paladar. Se originan en la fosa pterigopalatina y se adhieren en su origen al ganglio pterigopalatino. Esta fusión es tan íntima que algunos autores consideran que, en realidad, las ramas nasales y palatinas nacen del ganglio. Distinguimos dos tipos fundamentales de ramas, las destinadas a las paredes de las fosas nasales (pedículo nasal) y las destinadas al paladar (pedículo palatino).

El *pedículo nasal* está constituido por nervios que penetran en las fosas nasales por el agujero esfenopalatino (Fig. 18-15). Son el nervio nasopalatino y los nervios nasales posteriores superiores laterales.

El **nervio nasopalatino** avanza bajo la mucosa que cubre el techo de la parte posterior de la fosa nasal y llega hasta el tabique, por el cual desciende oblicuamente tapizado por la mucosa que cubre el vómer, atraviesa el conducto palatino anterior y termina en la parte más anterior del paladar. Inerva la parte posterior del techo de las fosas nasales y del tabique nasal, el suelo de las fosas nasales, la parte anterior del paladar y la encía de los dientes incisivos superiores.

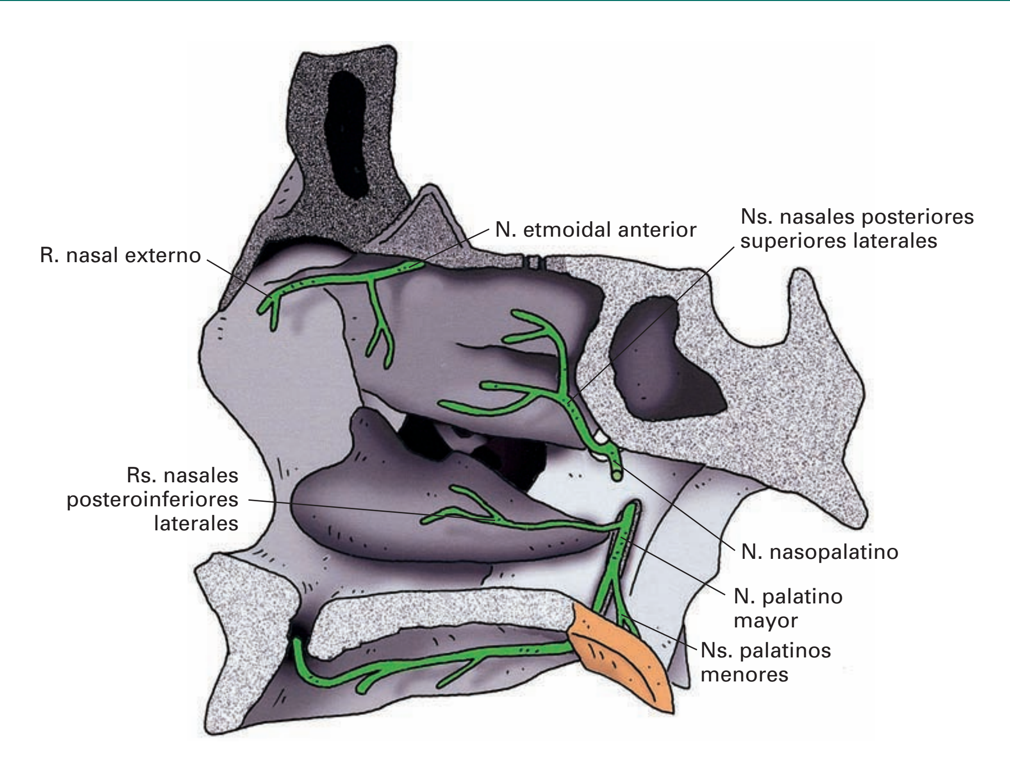


Figura 18-15. Representación esquemática de la inervación de las fosas nasales y del paladar.

Los **nervios nasales posteriores superiores laterales** son varios nervios finos que se distribuyen por la mucosa de los cornetes y meatos superior y medio.

El *pedículo palatino* (Fig. 18-15) está formado por el nervio palatino mayor y los nervios palatinos menores, los cuales descienden hacia el vértice de la fosa pterigopalatina.

El **nervio palatino mayor** penetra en el conducto palatino mayor y alcanza el paladar; avanza hacia delante entre la mucosa y el hueso, cerca de la encía, y se distribuye por el paladar duro y la encía adyacente. Por delante se anastomosa con el nervio nasopalatino. En su trayecto en la fosa pterigopalatina emite las **ramas nasales posteroinferiores laterales**, que perforan la lámina vertical del palatino e inervan la mucosa del cornete y del meato inferior.

Los **nervios palatinos menores** son dos finos ramos que salen por los conductos palatinos menores y se dirigen al paladar blando para inervar la mucosa y la región amigdalina, así como los músculos del velo con excepción del periestafilino externo; ahora bien, las ramas destinadas a los músculos no son motoras, sino que recogen la sensibilidad propioceptiva de éstos.

3) El grupo de los **nervios alveolares superiores** (*nervios dentarios*) está destinado a los dientes y encías del maxilar superior y a la mucosa del seno maxilar.

Los **nervios alveolares superiores posteriores** son dos o tres ramas que descienden apoyados sobre la tuberosidad del maxilar, penetran en este hueso por los conductos alveolares posteriores y discurren por detrás del seno maxilar; inervan los molares y contribuyen a formar el plexo dentario.

Los **nervios alveolares superiores anteriores** se desprenden del nervio infraorbitario en su trayecto por el suelo de la órbita; descienden en el espesor del hueso por delante del seno maxilar hacia el plexo dentario.

El **nervio alveolar superior medio** existe en un tercio de los casos, se desprende del infraorbitario y desciende en el espesor de la pared lateral del seno maxilar hacia el plexo dentario.

Los nervios alveolares superiores se anastomosan entre sí en las proximidades de los alvéolos dentarios formando el **plexo dentario superior**, del cual parten las **ramas dentales superiores** que penetran en las raíces de los dientes, y las **ramas gingivales superiores** para la encía (Fig. 18-14).

4) Otras ramas. El nervio maxilar da un **ramo meníngeo** que se desprende antes de salir por el agujero redondo y se distribuye por la duramadre de la fosa craneal media.

El **nervio faríngeo** se origina en la fosa pterigopalatina y se dirige hacia atrás por el conducto palatovaginal e inerva la mucosa de la nasofaringe (techo y orificio de la trompa auditiva) y del seno esfenoidal.

Los **ramos orbitarios** son dos o tres finas ramas que nacen del nervio en la fosa pterigopalatina, penetran en la órbita por la parte medial de la fisura orbitaria inferior e inervan el periostio próximo de la cavidad orbitaria, las celdillas etmoidales posteriores y el seno esfenoidal. (complementan o, a veces, sustituyen, al nervio etmoidal posterior).

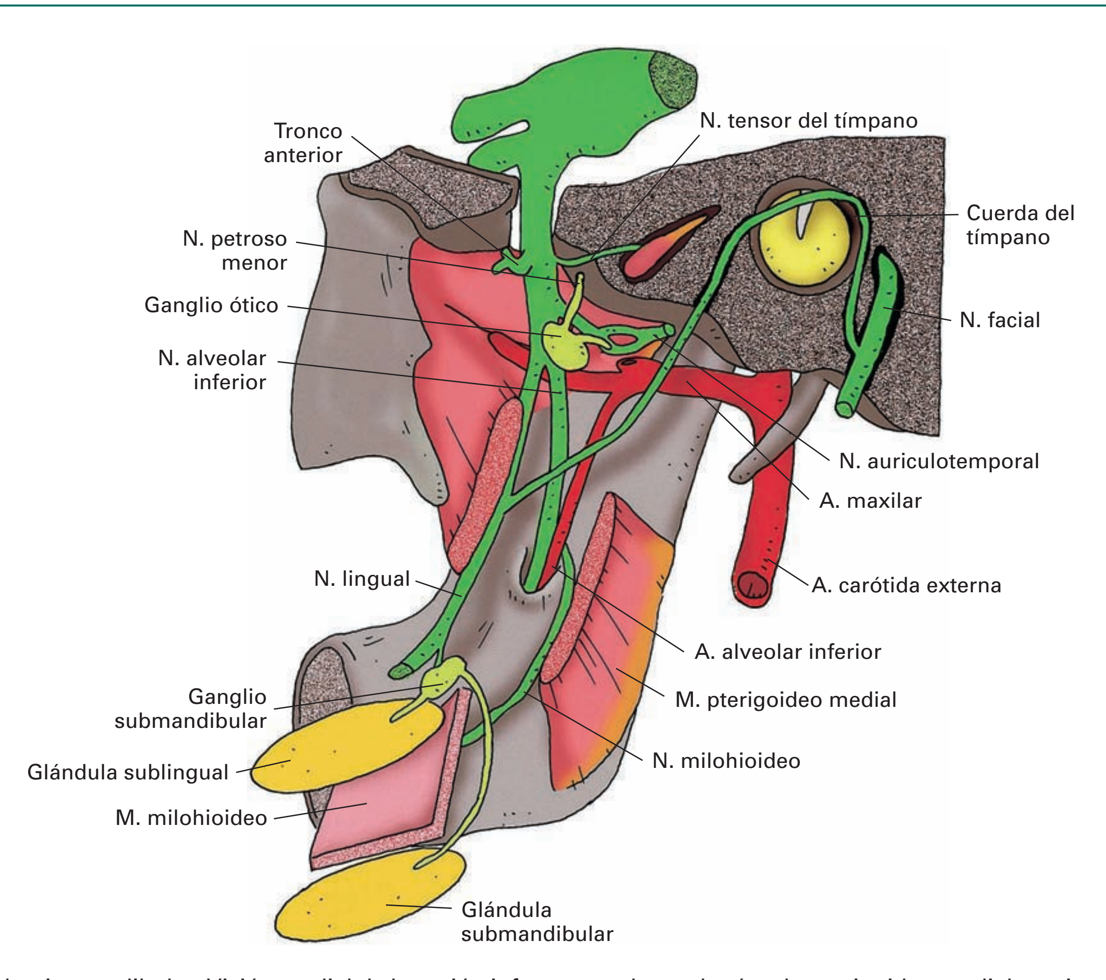


Figura 18-16. Nervio mandibular. Visión medial de la región infratemporal con el músculo pterigoideo medial seccionado.

NERVIO MANDIBULAR
(Figs. 15-58, 18-16 y 18-17)

El **nervio mandibular** es la rama más voluminosa del V par; resulta de la unión de (la rama sensitiva más externa que se desprende del ganglio del trigémino con la raíz motora. El tronco nervioso es muy corto. En su origen, las dos raíces viajan en la prolongación externa de la cavidad del trigémino dirigiéndose hacia fuera y hacia delante. Dichas raíces salen de la fosa craneal media por el *agujero oval* y el tronco aparece, vertical, en la parte más alta de la *fosa infratemporal*, donde inmediatamente se divide en dos troncos terminales, uno anterior y otro posterior. En su corto trayecto en la fosa infratemporal el tronco nervioso se sitúa medialmente al músculo pterigoideo lateral y lateralmente con respecto a la nasofaringe y al músculo periestafilino externo. Asociado al nervio se encuentra un ganglio parasimpático, el **ganglio ótico**, que se dispone bajo el agujero oval e inmediatamente por dentro del tronco nervioso (Fig. 18-16).

En su travesía por el agujero oval el nervio está acompañado por la arteria pterigomeníngea y por un delicado plexo venoso de venas emisarias entre el seno cavernoso y el plexo pterigoideo. La importante arteria meníngea media, que atraviesa el agujero espinoso, se dispone por detrás del nervio a lo largo de su trayecto.

Distribución

El *tronco anterior* (Fig. 18-17) es predominantemente motor. Emite ramos motores para los músculos temporal, masetero y pterigoideo lateral y un nervio sensitivo, el nervio bucal.

El **nervio masetérico** se dirige hacia fuera por encima del músculo pterigoideo lateral, sale por la escotadura mandibular e inerva el músculo masetero. Da un ramo sensitivo para la articulación temporomandibular.

El **nervio pterigoideo lateral** alcanza este músculo por su cara profunda.

Los **nervios temporales profundos** son tres ramos que se dirigen entre el esfenoides y el músculo pterigoideo lateral hacia la cresta esfenotemporal, donde se hacen ascendentes y se distribuyen por la cara profunda del músculo temporal. Con frecuencia, el ramo más anterior se origina

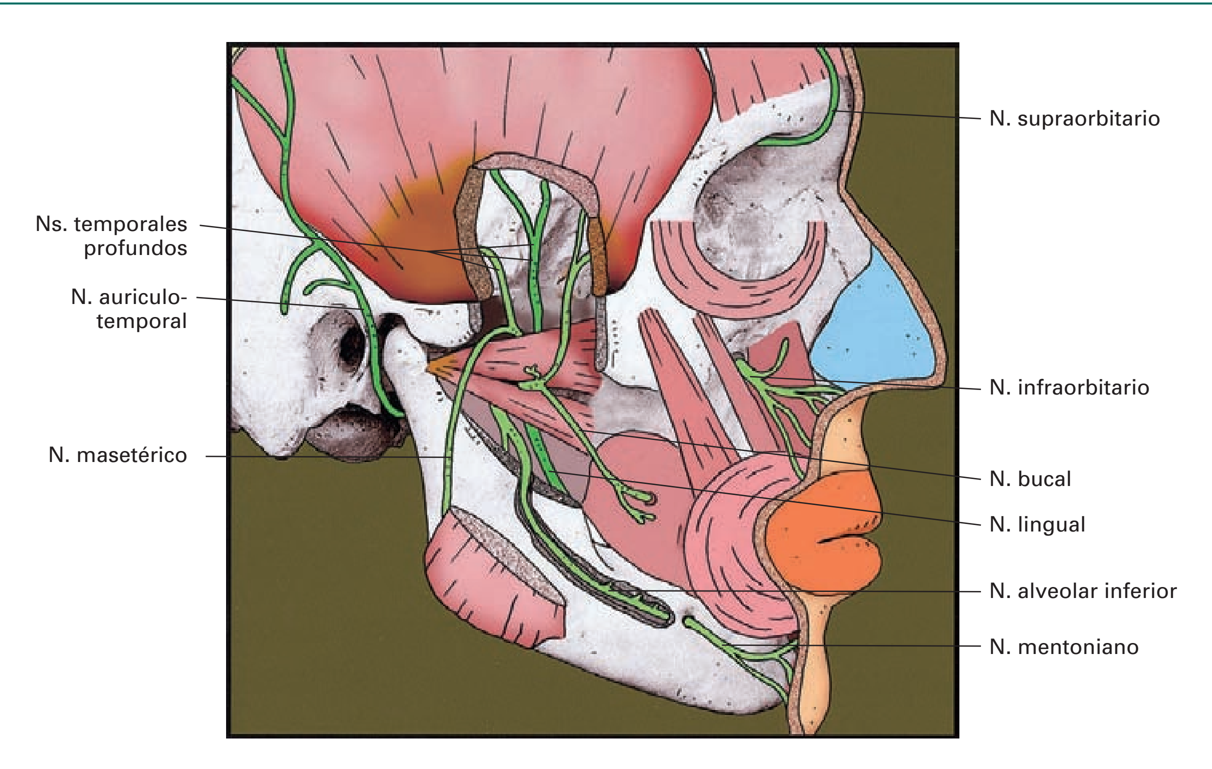


Figura 18-17. Nervio mandibular. Visión lateral de la cara y de la región infratemporal tras resecar parcialmente la mandíbula y el músculo temporal.

con el nervio bucal, atraviesa entonces el músculo pterigoideo lateral y asciende por fuera de éste a buscar el músculo temporal.

El **nervio bucal**, sensitivo, se dirige hacia delante y hacia abajo, pasa entre los dos fascículos del músculo pterigoideo lateral , abandona la región infratemporal por delante o perforando el tendón del músculo temporal y llega a la mejilla, donde se apoya sobre la cara externa del músculo buccinador por dentro del cuerpo adiposo de la boca. Se distribuye por la piel y la mucosa de la mejilla, así como por la encía bucal de los primeros molares.

> Uno de los signos iniciales del tétanos es el **trismo** (espasmo tónico de los músculos masticadores), que se debe a que la toxina tetánica, que entra por una herida, se fija a las terminaciones nerviosas e invade los axones de las ramas motoras del trigémino por vía retrógrada, alterando la conducción normal del impulso nervioso hacia los músculos masticadores.

El *tronco posterior* es fundamentalmente sensitivo. Se divide en tres ramas, nervio auriculotemporal, nervio alveolar inferior y nervio lingual, los cuales, en su origen, ocupan el estrecho espacio entre los músculos pterigoideos lateral y medial (Figs. 15-58 y 18-16).

El **nervio auriculotemporal** está destinado a la glándula parótida y a la piel de la parte lateral de la cabeza y del pabellón auricular. Se forma por dos raíces que se unen después de formar un ojal en torno a la arteria meníngea media. Se dirige hacia atrás por fuera de la espina del esfenoides y de la cuerda del tímpano y sale de la fosa entre el cuello del cóndilo de la mandíbula por fuera y el ligamento esfenomandibular por dentro, en compañía de la arteria maxilar y del plexo venoso pterigoideo.

> En las fracturas del cuello de la mandíbula se corre el riesgo de seccionar el nervio auriculotemporal.

Luego, penetra en la parte superior de la parótida, a la que inerva, se acoda en ángulo recto para subir entre la articulación temporomandibular y el pabellón de la oreja, por fuera del arco cigomático, y, finalmente, se ramifica por la piel de la parte lateral de la cabeza. El nervio da ramos que se distribuyen por la piel de la región temporal (**ramos temporales superficiales**), la cara externa del pabellón auricular en su parte anterosuperior (**ramos auriculares anteriores**), el conducto auditivo externo en su pared anterior (**nervio del conducto auditivo externo**), la membrana del **tímpano (nervio de la membrana del tímpano**) y la articulación temporomandibular.

El nervio auriculotemporal incorpora fibras vegetativas de dos tipos: *a*) fibras parasimpáticas posganglionares pertenecientes al sistema del glosofaríngeo, originadas en el ganglio ótico y destinadas a inervar la parótida (**ramos parotídeos**) y producir la secreción salival; algunas de

estas fibras se anastomosan con el facial en su trayecto intraparotídeo (**ramos comunicantes con el nervio facial**), y *b*) fibras simpáticas posganglionares procedentes del plexo de la arteria maxilar y destinadas a las arterias vecinas, especialmente a la arteria temporal superficial. Esta arteria establece una íntima relación con el nervio.

El **nervio alveolar inferior** (*nervio dentario inferior*) es sensitivo para los dientes y encías inferiores y el labio inferior, y motor para los músculos milohioideo y vientre anterior del digástrico. Se dirige hacia abajo y hacia delante entre los músculos pterigoideos lateral y medial, penetra en el conducto mandibular y va emitiendo ramas que se anastomosan para formar el **plexo dentario inferior**, del cual parten filetes para las raíces de los dientes (**ramos dentales inferiores**) y para las **encías (ramos gingivales inferiores**). La encía del primer molar está también inervada por los nervios bucal y lingual. Finalmente, emite **el nervio mentoniano**, que sale de la mandíbula por el agujero mentoniano, bajo los músculos faciales, y se distribuye en **ramos labiales inferiores** para la piel y mucosa del labio inferior y la encía adyacente, y **ramos mentonianos** para la piel del mentón. Antes de penetrar en el conducto dentario inferior, emite una rama motora, el **nervio milohioideo**, el cual se dirige hacia abajo y hacia delante en el canal milohioideo de la cara interna de la mandíbula, entre el músculo milohioideo y la glándula submandibular, e inerva el músculo milohioideo y el vientre anterior del digástrico. En su trayecto en la fosa infratemporal, el alveolar inferior se relaciona íntimamente con la arteria maxilar, que en su variante profunda (véase Arteria maxilar) cruza el nervio, pudiéndolo hacer por fuera o por dentro del mismo.

> El nervio alveolar inferior puede ser infiltrado para anestesiar los dientes inferiores; es un procedimiento habitual en odontología. El nervio se infiltra por vía endobucal a su entrada en el conducto dentario, a nivel de la *espina de Spix*. El procedimiento es sencillo: el dedo índice de una mano palpa el borde anterior de la rama ascendente de la mandíbula y, con la otra mano, la aguja se introduce horizontalmente por dentro de este borde, aproximadamente a un centímetro por encima de la arcada dentaria y en una profundidad de uno o dos centímetros. La anestesia afecta también al labio inferior y al mentón por estar inervados por la rama mentoniana. Este procedimiento anestesia también el nervio lingual, que se encuentra muy próximo, lo cual es deseable por su contribución a la inervación de las encías.

El **nervio lingual** (Fig. 18-34) es un nervio destinado a recoger la sensibilidad general de parte de la lengua y del suelo bucal. Desciende entre los músculos pterigoideos por delante del nervio alveolar inferior describiendo una ligera curva de concavidad anterior. Pasa al suelo de la boca a nivel del último molar, disponiéndose bajo la mucosa, por encima de la glándula submandibular, por dentro del cuerpo de la mandíbula y por fuera de los músculos estilogloso e hiogloso. Avanza bajo el surco alveololingual, entrecruzándose con el conducto submandibular, entre la glándula sublingual por fuera y la musculatura lingual por dentro, y se divide en numerosas ramas terminales (**ramos linguales**) para la mucosa de los dos tercios anteriores de la lengua. En el suelo de la boca da el **nervio sublingual** para la mucosa del surco alveololingual y la encía de los premolares y primer molar, así como los **ramos del istmo de las fauces** destinados a la región amigdalar y a los pilares anteriores del velo del paladar.

Muy cerca de su origen en la región infratemporal recibe una importante anastomosis del nervio facial, la **cuerda del tímpano**. A nivel del último molar establece unas conexiones cortas con el **ganglio submandibular**. Mediante la cuerda del tímpano, el nervio lingual incorpora a su trayecto fibras prestadas por el sistema del nervio facial de naturaleza parasimpática y gustativas. Las fibras parasimpáticas que se incorporan por la cuerda del tímpano son preganglionares, se desprenden del lingual y hacen sinapsis en el ganglio submandibular, del cual salen fibras posganglionares que inervan las glándulas submaxilar y sublingual y las microglándulas salivales, estas dos últimas, en gran parte, por fibras incorporadas al nervio sublingual.

> Se describen anastomosis con el nervio hipogloso (**ramos comunicantes con el nervio hipogloso**), de significado no bien conocido, situadas en el suelo de la boca por fuera del músculo hiogloso.

Ramas colaterales

Antes de dividirse, el tronco nervioso da un ramo meníngeo y el nervio pterigoideo medial.

El **ramo meníngeo** es recurrente, vuelve a penetrar en el cráneo por el agujero espinoso en compañía de la arteria meníngea media e inerva la duramadre y el periostio de un territorio semejante al de la arteria por la fosa craneal media y la parte lateral del cráneo, así como la mucosa de las celdillas mastoideas.

El **nervio pterigoideo medial** se dirige hacia dentro y hacia abajo para inervar este músculo y emitir ramas finas para los músculos tensor del velo del paladar y tensor del tímpano.

Sistematización (Fig. 18-18)

El nervio trigémino es un nervio mixto, sensitivo y motor que, además, transporta, en algunas partes de su trayecto, fibras vegetativas prestadas por otros nervios.

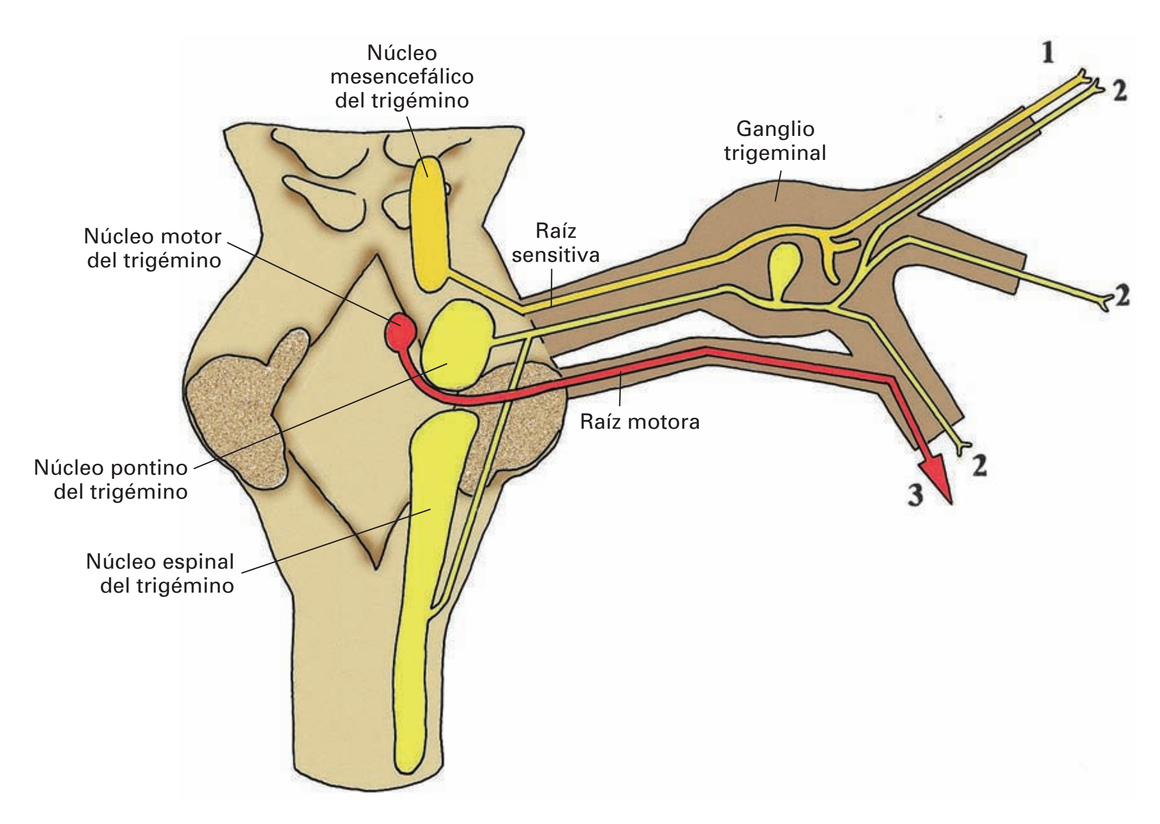


Figura 18-18. Origen real y sistematización fibrilar del nervio trigémino. 1) Territorio de inervación sensitiva propioceptiva (ocre): músculos masticadores, articulación temporomandibular, músculos del velo del paladar y del globo ocular. 2) Territorio de inervación sensitiva exteroceptiva (amarillo): piel de la mitad anterior de la cabeza; mucosas de las fosas nasales, senos paranasales, boca, lengua, parte de la faringe y conjuntiva; dientes; duramadre; córnea. 3) Territorio de inervación motora (rojo): músculos temporal, masetero, pterigoideo medial, pterigoideo lateral, vientre anterior del digástrico, milohioideo, tensor del tímpano y tensor del velo del paladar.

Componente motor

El V par contiene *fibras estriomotoras* que tienen su origen real en el **núcleo motor del trigémino**. Es una población neuronal situada en el nivel medio del puente. A esa altura, se dispone en la parte dorsal de la calota por dentro del núcleo pontino del trigémino; corresponde, en profundidad, a la fosita superior del suelo del IV ventrículo. Las fibras se dirigen hacia delante y hacia fuera, y salen por la superficie anterolateral del puente formando la **raíz motora** del V par, la cual se incorpora al nervio mandibular. Las fibras inervan los músculos del primer arco branquial: músculos temporal, masetero, pterigoideo lateral, pterigoideo medial, vientre anterior del digástrico, milohioideo, tensor del tímpano y tensor del velo del paladar.

Componente sensitivo

El V par conduce fibras somáticas aferentes exteroceptivas y propioceptivas.

1) Las *fibras sensitivas exteroceptivas* tienen su origen real en el **ganglio del trigémino**. El axón de sus neuronas unipolares se divide en una prolongación periférica y otra central.

Las **prolongaciones periféricas** constituyen las tres ramas del trigémino y recogen sensibilidad cutánea, mucosa, de los dientes, la duramadre y la córnea.

a) Sensibilidad cutánea (Fig. 18-19). El V par recoge la sensibilidad de la piel de un extenso territorio de la cabeza comprendido entre la línea media de la cara, el borde inferior de la mandíbula y una línea vertical que desciende desde el vértex, corta la parte anterior del pabellón auricular y se inclina hacia el mentón salvando el ángulo de la mandíbula. Este área está dividido en tres sectores que corresponden a cada una de las ramas del trigémino.

b) Sensibilidad mucosa de las fosas nasales, senos paranasales, boca, lengua, parte de la faringe y conjuntiva.

El nervio oftálmico recoge la sensibilidad de la parte más anterior de las fosas nasales, el seno frontal, el seno esfenoidal, las celdas etmoidales posteriores y la conjuntiva ocular y palpebral superior.

El nervio maxilar trae la sensibilidad de los dos tercios posteriores de las fosas nasales, el seno maxilar, el paladar duro, parte del velo del paladar, el orificio faríngeo de la trompa auditiva, el labio superior y las encías superiores.



Figura 18-19. Territorio de inervación cutánea del nervio trigémino. Oftálmico (gris); maxilar (verde); mandibular (ocre). En blanco, el territorio de los nervios occipitales y de las ramas del plexo cervical.

Por vía del nervio mandibular se recoge la sensibilidad mucosa del labio inferior, las encías inferiores, el suelo de la boca, la mejilla y los dos tercios anteriores de la lengua (por delante del surco terminal).

c) Sensibilidad de los dientes: de los superiores mediante el nervio maxilar y de los inferiores por el mandibular.

d) Sensibilidad de la duramadre de la tienda del cerebelo, la fosa craneal media y la región fronto-temporo-parietal.

e) Sensibilidad de la córnea, mediante el nervio oftálmico (fundamentalmente por los nervios ciliares largos).

Las **prolongaciones centrales** de las neuronas del ganglio del trigémino forman la **raíz sensitiva**, la cual penetra en la protuberancia y termina haciendo sinapsis sobre las neuronas de los *segmentos pontino* y *bulbar del núcleo sensitivo del trigémino.*

El *núcleo sensitivo del trigémino* es una voluminosa masa neuronal que se extiende por todo el tronco del encéfalo desde la médula cervical hasta la altura del colículo superior. Se distinguen tres segmentos: inferior (núcleo espinal), medio (núcleo pontino) y superior (núcleo mesencefálico). El núcleo mesencefálico se describe más adelante.

El **núcleo espinal del trigémino** se extiende desde el primer segmento medular hasta la parte baja del puente. Se sitúa en la zona lateral de la calota bulbar, por detrás del núcleo olivar inferior. El núcleo espinal se divide en tres subnúcleos: la *porción oral*, la *porción interpolar* y la *porción caudal* (para más detalles, véase el Tomo II).

Las fibras que llegan al núcleo espinal del trigémino forman un haz descendente **(tracto espinal del trigémino**) que se extiende desde la entrada en el puente hasta la médula espinal, adosado a la superficie externa del núcleo. El núcleo espinal recoge sensibilidad dolorosa, térmica y de presión burda no discriminativa.

El **núcleo pontino del trigémino** (también llamado *principal*) es una masa neuronal redondeada que se sitúa en la parte lateral de la calota pontina, en continuidad, caudalmente, con el núcleo espinal. Este núcleo recoge sensibilidad táctil y de presión de carácter fino, discriminatorio.

2) Las *fibras sensitivas propioceptivas* tienen su origen real en el **núcleo mesencefálico del trigémino**. Este núcleo es una población neuronal singular, pues está formado por neuronas unipolares semejantes a las de los ganglios sensitivos. Ocupa el mesencéfalo y la parte alta del puente, en continuidad con el núcleo pontino. En el mesencéfalo se localiza por fuera de la sustancia gris central y, en el puente, en la proximidad de la parte lateral del suelo del cuarto ventrículo.

Las prolongaciones periféricas de estas neuronas viajan por las dos raíces del nervio (la mayoría lo hacen por la raíz motora) y, al entrar en la protuberancia, ascienden hasta el núcleo formando el tracto mesencefálico del nervio trigémino. Recogen la sensibilidad propioceptiva de los músculos masticadores, dientes, articulación temporomandibular, músculos del velo del paladar y músculos de la órbita.

Componente vegetativo

El trigémino recibe en sus tramos finales fibras vegetativas (simpáticas y parasimpáticas) que no pertenecen al sistema del nervio, pero que se incorporan a él para llegar a su territorio.

a) Fibras simpáticas (Fig. 19-9): nacen en el ganglio cervical superior, forman el plexo pericarotídeo que rodea la carótida interna y se incorporan al nervio oftálmico mediante anastomosis en el interior del seno cavernoso; luego, por la rama nasociliar y los nervios ciliares largos, llegan al globo ocular para inervar el músculo dilatador de la pupila.

b) Fibras parasimpáticas: pueden ser preganglionares y posganglionares. Pertenecen al sistema de los nervios facial y glosofaríngeo.

Las fibras preganglionares (Fig. 19-12) proceden de la cuerda del tímpano, se incorporan al lingual y con él llegan a los ganglios submandibular y sublingual, donde hacen sinapsis. Las fibras posganglionares salen de los ganglios para inervar las glándulas salivales.

Las fibras posganglionares son de dos tipos: unas proceden del ganglio ótico (Fig. 19-11) y se incorporan al nervio auriculotemporal para llegar a la parótida; otras provienen del ganglio pterigopalatino (Fig. 19-10) y se unen

al nervio cigomático para llegar a la glándula lagrimal o al pedículo nasopalatino del maxilar para alcanzar las microglándulas nasales y palatinas.

NERVIO FACIAL

El **nervio facial (VII par)** es el nervio del segundo arco branquial e inerva las estructuras que se derivan de éste. Es un nervio mixto, sensitivo y motor, que conduce, además, fibras vegetativas. Las fibras estriomotoras están destinadas a los músculos de la mímica; las fibras sensitivas recogen la sensibilidad gustativa de gran parte de la lengua y del paladar, y la cutánea de una zona del oído externo; las fibras vegetativas son de naturaleza parasimpática y llevan impulsos a las glándulas lagrimal, submandibular y sublingual, y a las microglándulas de las fosas nasales y del paladar. El componente sensitivo está asociado a un pequeño ganglio situado en el interior del hueso temporal, el **ganglio geniculado**; las fibras parasimpáticas están asociadas a los **ganglios pterigopalatino** y **submandibular.**

El facial es un nervio de gran interés, ya que al ser el conductor de los impulsos nerviosos destinados a los músculos de la mímica, permite la expresión facial objetiva de la conducta emocional. Además, su lesión es una de las más comunes que puede observar el médico dentro de la patología de los nervios; su trayecto complejo le hace vulnerable en diversos puntos, y las afecciones de las estructuras motoras del cerebro repercuten muchas veces en el nervio facial.

Origen aparente (Figs. 18-1; 18-20)

El nervio facial está formado por dos raíces de origen, una **raíz motora**, gruesa, que es el tronco facial propiamente dicho, y una **raíz sensitiva** y **vegetativa**, más delgada, el **nervio intermedio** (*nervio intermedio de Wrisberg*)[4]. Las dos raíces se originan juntas en la parte lateral del surco bulboprotuberancial, por encima de la oliva bulbar y por delante del nervio vestíbulococlear (VIII par). La raíz motora es medial con respecto a la raíz sensitiva, la cual debe su nombre de intermedio por interponerse entre el tronco motor y el VIII par.

[4] Heinrich August Wrisberg (1739-1808), médico y anatomista alemán.

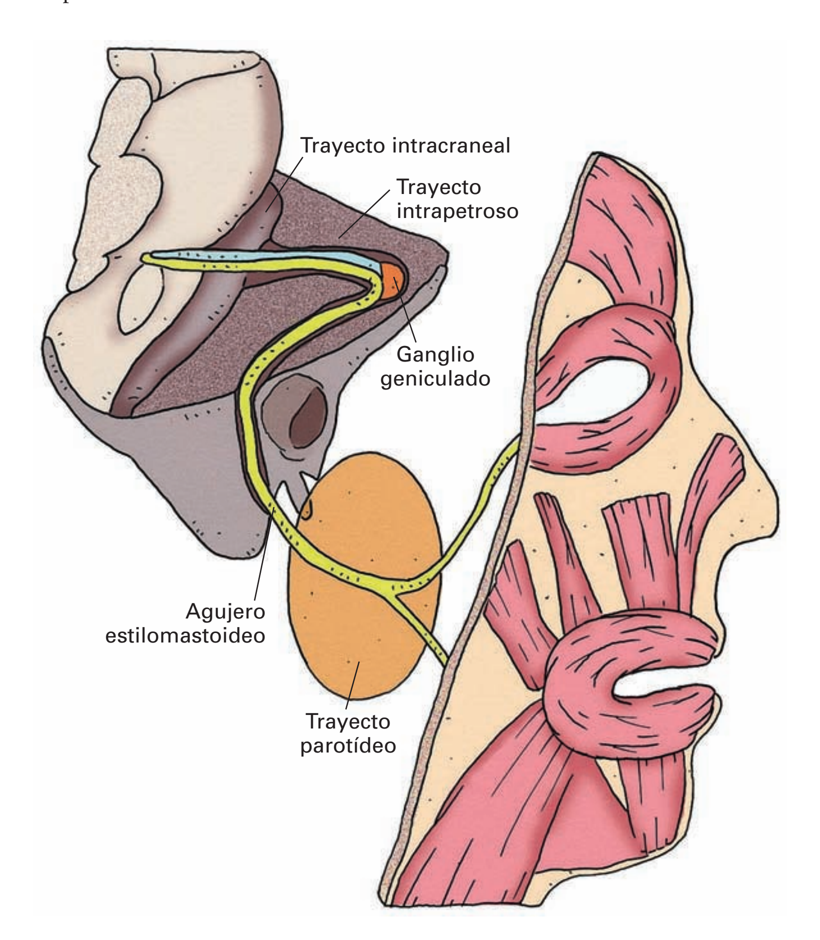


Figura 18-20. Esquema del trayecto general del nervio facial.

Trayecto

Disposición general (Fig. 18-20)

Las dos raíces se dirigen hacia delante y hacia fuera en el espacio subaracnoideo de la fosa craneal posterior, penetran en el peñasco del temporal por el conducto auditivo interno y luego continúan en un conducto especial, el conducto facial (*acueducto de Falopio*), en cuyo interior el nervio se acoda dos veces; a nivel del primer codo se abulta formando el ganglio geniculado, lugar donde se fusionan las dos raíces en un tronco único. El facial sale del peñasco por el agujero estilomastoideo y penetra en la parótida, donde emite sus **ramas terminales**, que se distribuyen por la musculatura facial. Durante su trayecto da importantes **ramas colaterales.**

Porciones del nervio

Según esta disposición, se puede distinguir en el trayecto del nervio las siguientes *porciones*: intracraneal, intrapetrosa y extracraneal.

Trayecto intracraneal

En la *fosa craneal posterior* las dos raíces del facial viajan conjuntamente con el nervio vestibulococlear formando un paquete nervioso; discurren por el espacio subaracnoideo de la parte lateral de la cisterna del puente, en la región del ángulo pontocerebeloso (comprendida entre la cara anterior del cerebelo por detrás, y la parte lateral de la protuberancia y el pedúnculo cerebeloso medio por dentro) (Fig. 18-12). El nervio vestibulococlear se va colocando progresivamente por debajo de la raíz motora del facial y el nervio intermediario, entre ambos. La arteria laberíntica acompaña al paquete nervioso. Se debe recordar aquí que en esta región del ángulo pontocerebeloso viajan otros pares craneales: por encima del paquete acústico-facial, los nervios trigémino y abducens, y, por debajo, el conjunto de los nervios mixtos que salen por el agujero yugular (pares, IX, X y XI).

Trayecto intrapetroso (Figs. 18-21 y 18-22)

El nervio facial recorre el *conducto auditivo interno* manteniendo su relación con el nervio vestibulococlear y la arteria laberíntica. En este trayecto está envuelto en un fondo de saco leptomeníngeo, constituido de la siguiente manera: la duramadre se confunde con el periostio, la aracnoides forma una envoltura para el paquete nervioso, aislándolo del periostio, y la piamadre envuelve a cada uno de los nervios; el divertículo se cierra en el fondo del conducto por continuidad de la aracnoides con la piamadre.

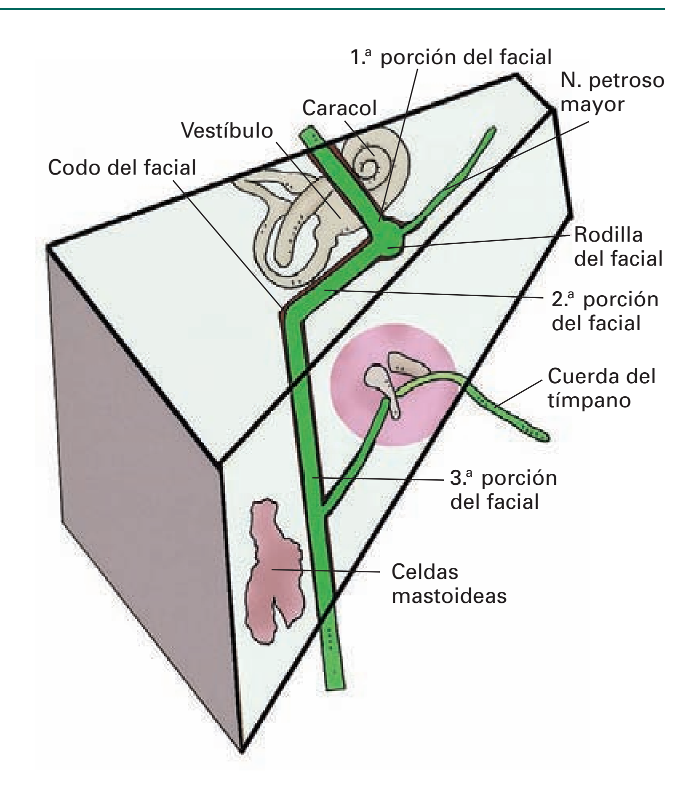


Figura 18-21. Representación esquemática del trayecto intrapetroso del nervio facial.

Llegado al fondo del conducto auditivo interno, el nervio facial se separa de las fibras del nervio vestibulococlear y penetra por el área del nervio facial en el canal facial.

El trayecto del nervio en el *conducto facial* (*acueducto de Falopio*) dibuja la silueta del propio conducto, en el que se distinguen tres segmentos separados por dos acodamientos. *El primer segmento* o *laberíntico* continúa la dirección del nervio hacia delante y hacia fuera, es perpendicular al eje mayor de éste, y discurre bajo la cara anterior del peñasco entre estructuras del oído interno, el caracol por dentro y la porción utricular del vestíbulo por fuera. A continuación, se acoda hacia fuera y hacia atrás formando la **rodilla del facial**, a cuyo nivel se fusionan la raíz motora y el nervio intermediario; inmediatamente por delante de ella se encuentra el ganglio geniculado. Sigue la *segunda porción* o *timpánica*, que es oblicua hacia fuera y hacia atrás, paralela al eje mayor del peñasco, y que discurre por el espesor de la pared interna de la caja del tímpano formando la eminencia facial, entre la ventana oval por debajo y el conducto semicircular externo por arriba (Fig. 18-23).

> La porción timpánica del facial puede verse afectada como consecuencia de una infección de la caja del tímpano (otitis media), especialmente si existen dehiscencias óseas de la pared de la caja a este nivel.

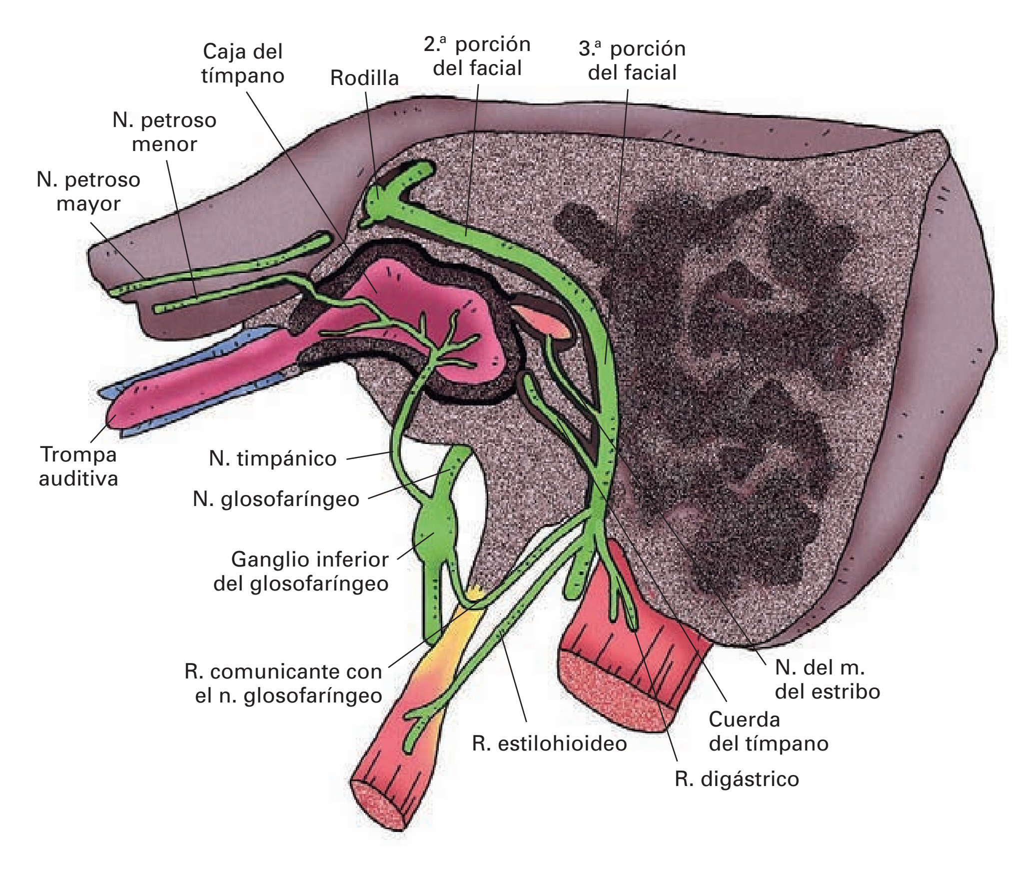


Figura 18-22. Sección del peñasco del temporal mostrando el nervio facial y el nervio timpánico.

El nervio se dobla de nuevo formando el *codo del facial* y se continúa con la *tercera porción* o *mastoidea* (Fig. 20-22) la cual desciende verticalmente en el espesor del muro óseo que forma la pared posterior de la caja del tímpano, por delante de las celdillas mastoideas y del seno lateral. En todo su trayecto por el canal facial el nervio está acompañado por la arteria estilomastoidea.

Si fuera preciso trepanar la mastoides para drenar el pus acumulado a consecuencia de una mastoiditis habrá que respetar el facial para evitar su parálisis y el seno lateral para evitar una grave hemorragia. Por eso tiene interés conocer la proyección del nervio en la superficie ósea. Una línea vertical que siga el eje de la mastoides y otra horizontal por el borde inferior del conducto auditivo externo permiten establecer cuatro cuadrantes: los posteriores corresponden al seno lateral, el anterosuperior al antro mastoideo (zona de trepanación) y el anteroinferior a la porción vertical del facial.

Cualquier sector del trayecto intrapetroso del nervio facial puede verse afectado en las fracturas de la base del cráneo que interesan al peñasco del temporal.

Trayecto extrapetroso

El facial sale del hueso temporal por el *agujero estilomastoideo* cubierto lateralmente por la apófisis mastoides, entre el vientre posterior del digástrico por fuera y la apófisis estiloides y el músculo estilohioideo por dentro, e, inmediatamente, aborda la parótida cerca de su prolongación faríngea.

El escaso desarrollo de la mastoides en el recién nacido hacen del facial una estructura vulnerable en el parto. El uso de los fórceps para extraer el feto suele provocar presión sobre el nervio y parálisis facial.

El facial recorre la *parótida* dirigiéndose hacia delante cruzando por fuera perpendicularmente el paquete vascular formado por la vena retromandibular y la arteria carótida externa. En el espesor de la propia glándula, en un tejido conectivo de deslizamiento que divide la parótida en un lóbulo superficial y otro profundo, se divide en sus principales ramas terminales que se anastomosan ampliamente para formar el **plexo parotídeo facial** entremezclado por puentes de tejido glandular.

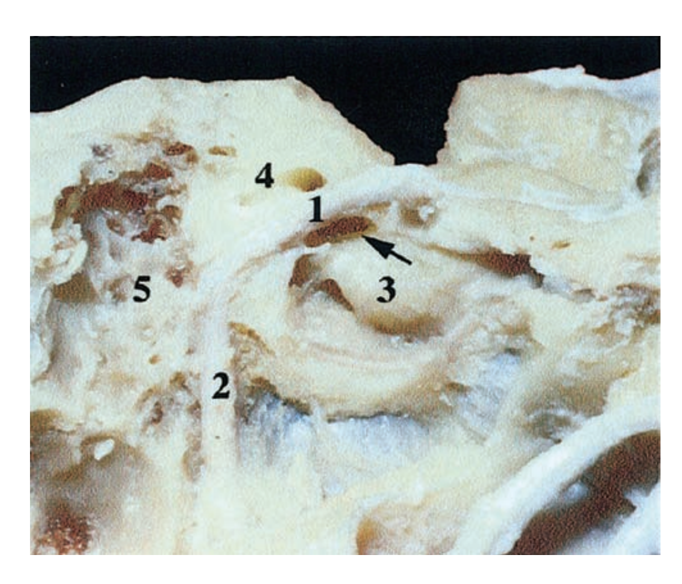


Figura 18-23. Disección del nervio facial en su trayecto intrapetroso. 1) segmento timpánico; 2) segmento mastoideo; 3) promontorio; 4) canal semicircular lateral; 5) antro mastoideo. La flecha señala la ventana oval.

Los tumores de la parótida repercuten en el facial y provocan parálisis de los músculos de la mímica. La presencia del nervio en el interior de la glándula, y sus complejas y variables ramificaciones, constituye un serio problema para la extirpación quirúrgica de los tumores parotídeos; el cirujano debe tratar de disecar bien el facial y respetar al máximo sus ramificaciones.

Distribución

Ramas terminales (Fig. 18-24)

Las ramas terminales del nervio facial están destinadas a la **musculatura mímica**. La mayoría parten del plexo parotídeo, pero una de ellas, el nervio auricular posterior (considerado normalmente una rama colateral), tiene su origen en el sector extrapetroso del nervio antes de que éste penetre en la parótida.

El **nervio auricular posterior** pasa por fuera del vientre posterior del digástrico y asciende sobre la apófisis

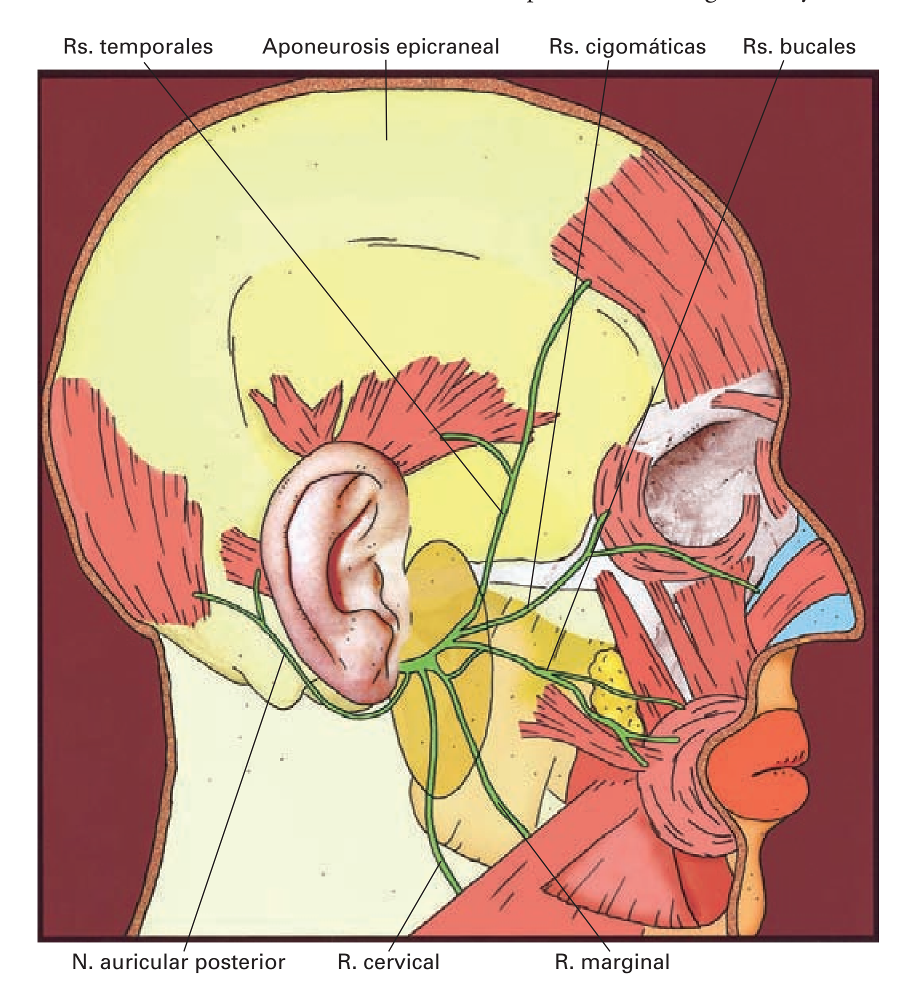


Figura 18-24. Ramas terminales del nervio facial. El óvalo ocre representa la parótida.

mastoides dividiéndose en un ramo para el músculo auricular posterior y los pequeños músculos intrínsecos del pabellón auricular, y un **ramo occipital** para inervar el vientre occipital del músculo occipitofrontal.

Del plexo parotídeo parten una serie de ramas que abandonan la glándula por su parte anterior y sus extremos. Estas ramas son de sistematización compleja, pues son muy variables en su disposición y, además, se anastomosan también en la superficie de la cara. Se distinguen cinco ramas terminales: temporales, cigomáticas, bucales, marginal de la mandíbula y cervical. Las ramas cigomáticas y bucales son muy variables y sus territorios se imbrincan por numerosas anastomosis.

Las **ramas temporales** cruzan el arco cigomático hacia la región temporal y frontal e inervan los músculos situados por encima de la hendidura palpebral y a nivel de la oreja.

Las **ramas cigomáticas** se dirigen unas hacia el ángulo lateral del ojo para inervar el orbicular del globo ocular, y otras hacia la región geniana para inervar los músculos del labio superior y de la apertura nasal.

Las **ramas bucales** se dirigen horizontalmente por fuera del masetero, en la proximidad del conducto parotídeo, y se distribuyen por el buccinador y los músculos de alrededor de la boca.

La **rama marginal de la mandíbula** sigue el borde inferior de ésta, cubierto por el músculo cutáneo del cuello, e inerva los músculos del labio inferior y del mentón.

La **rama cervical** sale por el extremo inferior de la parótida cubierto por el cutáneo del cuello, al que inerva.

Ramas colaterales

Por su lugar de origen se pueden clasificar en ramas intrapetrosas y extrapetrosas.

Ramas intrapetrosas (Figs. 18-21 y 18-22)

1) El **nervio petroso mayor** nace de la rodilla del facial a nivel del ganglio geniculado. Sale del peñasco por un hiato de su cara superior y discurre bajo la cavidad meníngea que contiene el ganglio del trigémino; alcanza el agujero rasgado y perfora su membrana obturatoria para hacerse extracraneal. Penetra en el conducto pterigoideo, donde toma el nombre de **nervio pterigoideo** (*nervio vidiano*); en este conducto recorre la raíz de la apófisis pterigoides y alcanza la fosa pterigopalatina terminando a nivel del ganglio parasimpático pterigopalatino (Fig. 18-14). Tras atravesar el agujero rasgado, el nervio recibe una anastomosis del plexo simpático pericarotídeo, el **nervio petroso profundo**, el cual se incorpora al nervio pterigoideo.

El nervio petroso mayor y su continuación, el nervio pterigoideo, conduce varios tipos de fibras: *a*) fibras parasimpáticas posganglionares que hacen sinapsis en el ganglio pterigopalatino; de este ganglio parten fibras posganglionares que, incorporadas a ramas del V par, alcanzan la glándula lagrimal y las microglándulas de las fosas nasales y del paladar. *b*) fibras aferentes gustativas del velo del paladar y, *c*) fibras simpáticas posganglionares incorporadas desde el plexo pericarotídeo para alcanzar los vasos de la mucosa nasal y palatina.

2) El **nervio del músculo del estribo** nace de la porción mastoidea del facial, muy corto, penetra en el canal de la pirámide e inerva el músculo del estribo.

3) La **cuerda del tímpano** (Fig. 18-16) es, en realidad, una importante anastomosis entre el nervio facial y la rama lingual del nervio trigémino. Nace de la porción mastoidea del facial por debajo de la precedente. Asciende hacia delante en un canalículo óseo, el *conductillo de la cuerda del tímpano*, y aparece en la caja del tímpano por su pared posterior, por fuera de la pirámide. Atraviesa la caja del tímpano en el espesor de los pliegues maleolares anterior y posterior de la membrana del tímpano, en el límite entre las porciones tensa y flácida; en este trayecto pasa entre el cuello del martillo por fuera y la rama vertical del yunque por dentro. Abandona la caja por la sutura petrotimpánica, por dentro de la espina del esfenoides, y se coloca en la parte profunda de la fosa infratemporal. Oblicua hacia abajo y hacia delante, se desliza por fuera de la nasofaringe y por dentro de la arteria meníngea media y los nervios auriculotemporal y alveolar inferior; finalmente, se une al nervio lingual.

La cuerda del tímpano conduce dos tipos de fibras: *a*) fibras aferentes hacia el ganglio geniculado que recogen la sensibilidad gustativa de los dos tercios anteriores de la lengua, y *b*) fibras eferentes parasimpáticas preganglionares que, siguiendo el nervio lingual, alcanzan el ganglio submandibular; las fibras posganglionares inervan secretoramente las glándulas submandibular y sublingual.

4) El **ramo comunicante con el nervio auricular del vago** es un nervio fino y corto que nace justo por encima del agujero estilomastoideo y se une al nervio auricular del vago cuando este atraviesa la porción mastoidea del canal facial. De esta forma, parte del territorio sensitivo del nervio auricular está también inervada por el nervio facial (*zona de Ramsay-Hunt*). Esta zona comprende la concha del pabellón auricular y la parte posterior de la membrana del tímpano y del conducto auditivo externo.

> El virus del **herpes zóster** afecta, en ocasiones, al ganglio geniculado. En estos casos, en la zona del oído externo inervada por el facial (*zona de Ramsay-Hunt*) aparecen las típicas vesículas herpéticas acompañadas de dolor.

Ramas extrapetrosas (Fig. 18-22)

A la salida del canal facial, y antes de entrar en la parótida, el nervio facial emite un **ramo digástrico** para el vientre

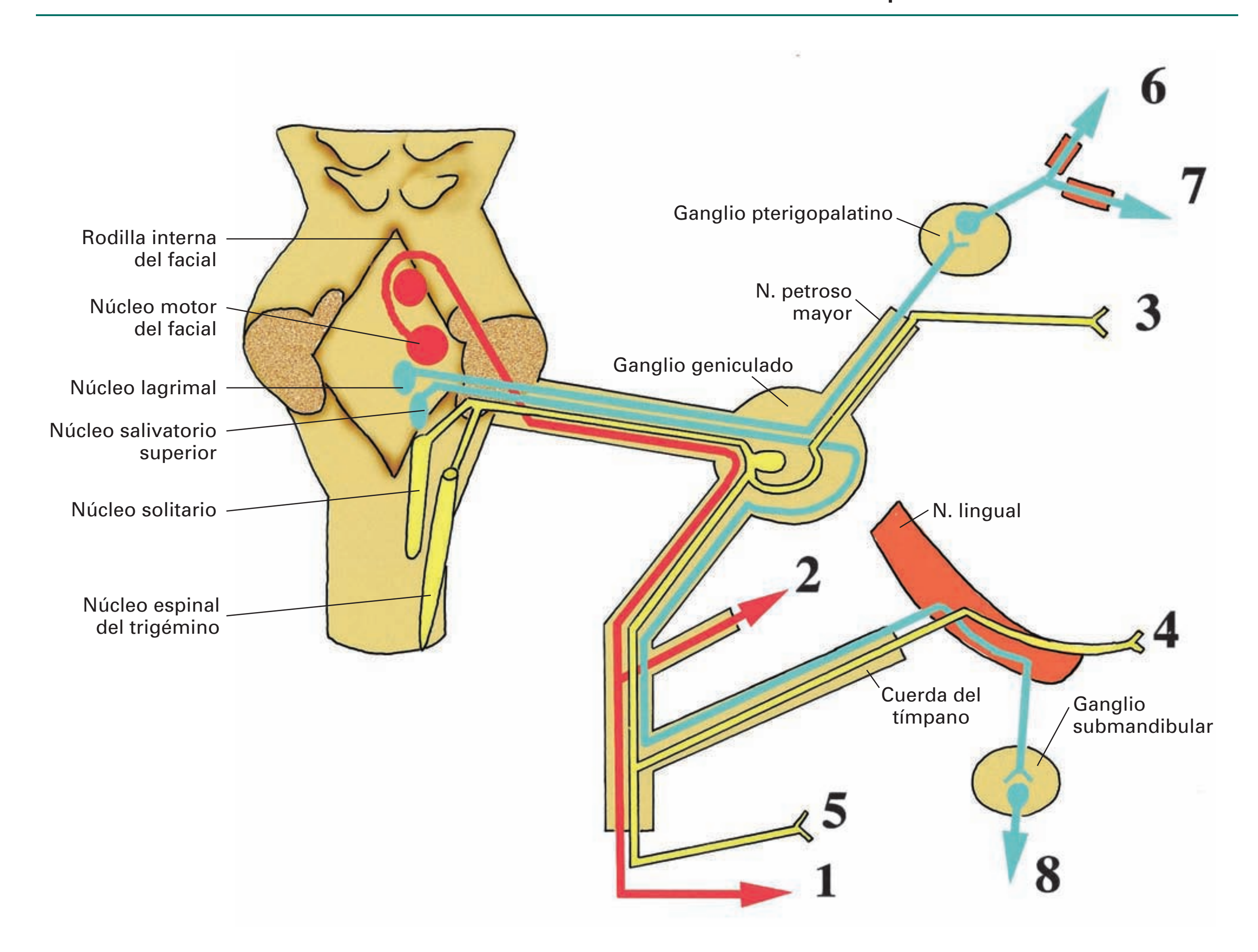


Figura 18-25. Origen real y sistematización del nervio facial. Territorio de inervación motora (rojo): músculos faciales (1) y músculo del estribo (2). Territorio de inervación sensitiva gustativa (amarillo): mucosa del paladar (3); mucosa lingual por delante del surco terminal (4). Territorio de inervación sensitiva cutánea (amarillo): concha del pabellón auricular (5). Territorio vegetativo parasimpático (azul): glándula lagrimal (6); microglándulas de las fosas nasales, de los senos paranales y del paladar (7); glándulas submandibular y sublingual (8).

posterior del músculo digástrico y un **ramo estiloihioideo** para este músculo; con frecuencia, ambos nervios nacen de un tronco común.

Anastomosis

En el conducto auditivo interno se establecen puentes fibrosos con el nervio vestibulococlear.

En el canal facial da un **ramo comunicante con el plexo timpánico**, que atraviesa la pared del oído medio, y un ramo inconstante que se une al plexo simpático de la arteria meníngea media durante su trayecto extracraneal.

En el sector extrapetroso se establecen anastomosis con los nervios glosofaríngeo y trigémino y con el plexo cervical.

Las anastomosis con el nervio glosofaríngeo pueden hacerse de dos formas que presentan variaciones de presentación (pueden existir las dos o una sola): el ramo comunicante con el nervio glosofaríngeo y el nervio lingual.

El ramo comunicante con el nervio glosofaríngeo (Fig. 18-22) es un puente anastomótico bajo la base del cráneo que pasa por fuera de la vena yugular interna y se une al ganglio inferior del glosofaríngeo. El **ramo lingual** sigue al músculo estilofaríngeo hasta la región periamigdalina; perfora la faringe entre la amígdala y el pilar anterior, y llega a la base de la lengua, bajo cuya mucosa se anastomosa con el nervio glosofaríngeo.

Las anastomosis con el trigémino se hacen en la parótida mediante uniones al nervio auriculotemporal, o bajo la superficie de la cara uniéndose a los ramos cutáneos; estas últimas serían el puente de paso de las fibras de la sensibilidad propioceptiva de los músculos de la mímica que se incorporan al sistema del trigémino.

Las anastomosis con el plexo cervical se efectúan entre el nervio auricular posterior y el nervio occipital, y, bajo el músculo cutáneo del cuello, con el nervio transverso del cuello.

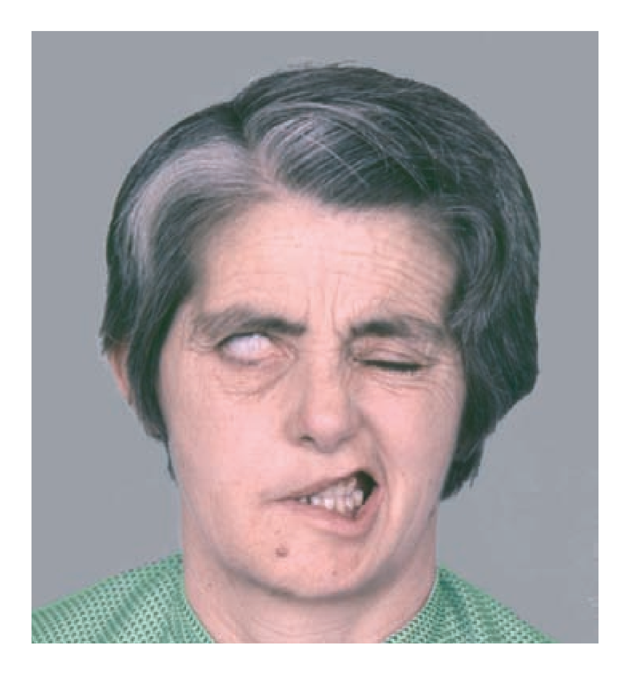


Figura 18-26. Parálisis periférica del facial derecho. Al solicitar a la paciente que cierre la boca y los ojos, obsérvese el predominio de los músculos faciales sanos desviando la comisura labial hacia el lado izquierdo y el cierre de los párpados de ese lado. La paciente no puede movilizar ninguno de los músculos del lado derecho y el ojo no puede cerrarse. (Cortesía del Dr. J. A. Berciano).

Sistematización (Fig. 18-25)

El nervio facial es un nervio mixto, sensitivo y motor, que transporta, además, importantes fibras vegetativas.

Componente motor

Las *fibras estrimotoras* tienen su origen real en el **núcleo motor del facial** situado en la parte caudal de la calota del puente, por debajo del núcleo motor del trigémino y por encima del núcleo ambiguo. Los axones que salen del núcleo tienen un trayecto muy singular en relación con el núcleo abducens. En efecto, primero se dirigen hacia atrás, hacia arriba y hacia dentro hasta situarse medialmente al núcleo abducens; luego, ascienden contorneando el núcleo por detrás y por fuera y, finalmente, se dirigen hacia delante entre el núcleo pontino del trigémino y el motor del facial para escapar de la protuberancia por el origen aparente (**raíz motora**). El trayecto de las fibras alrededor del núcleo abducens se denomina **rodilla interna del facial**; y ambas estructuras determinan el relieve del colículo facial en la superficie del IV ventrículo. Las fibras estriomotoras están destinadas a inervar los músculos de la mímica, el músculo del estribo, y los músculos estilohioideo y vientre posterior del digástrico.

El núcleo motor del facial está subdividido en diversas poblaciones neuronales; cada una de ellas controla grupos diferentes de músculos faciales. Es importante reseñar que las poblaciones neuronales que inervan los músculos faciales superiores (frente y alrededor de los ojos) reciben conexiones de ambos hemisferios cerebrales; el resto de neuronas sólo recibe influencias del hemisferio cerebral contralateral.

> Por eso, en las **parálisis faciales de origen central** (provocadas por la interrupción de los axones motores originados en la corteza cerebral) el paciente sólo tiene paralizados los músculos de la parte inferior del rostro, y conserva la capacidad de movimiento de aquellos que están controlados por neuronas que reciben conexiones de ambos hemisferios cerebrales.

Componente sensitivo

El facial contiene *fibras somáticas aferentes* que recogen sensibilidad gustativa y cutánea. Tienen su origen real en el **ganglio geniculado**. También se han descrito neuronas sensitivas aberrantes a lo largo del trayecto intrapetroso del nervio.

Sensibilidad gustativa

Las **prolongaciones periféricas** de las neuronas del ganglio geniculado siguen dos trayectos para llegar a los receptores gustativos. Unas fibras caminan con la cuerda del tímpano y, fusionadas luego al nervio lingual, alcanzan la mucosa de la lengua por delante del surco terminal; otras se incorporan al nervio petroso mayor y, fusionadas con las ramas palatinas del V par, se distribuyen por la mucosa del paladar.

Las **prolongaciones centrales** discurren con el nervio intermedio, penetran en el tronco del encéfalo por el origen aparente y terminan haciendo sinapsis sobre las neuronas de la porción rostral del **núcleo solitario**, una población denominada *núcleo gustativo.*

El núcleo solitario es un conjunto neuronal de forma estrecha y alargada que se extiende por los dos tercios superiores del bulbo raquídeo. Situado en la parte posterior de la calota, está separado del suelo del IV ventrículo por el núcleo dorsal del vago y los núcleos vestibulares. Adosado al núcleo se encuentra el tracto solitario, que representa el conjunto de axones de las prolongaciones centrales que van terminando sobre sus neuronas diana.

Sensibilidad cutánea

Las **prolongaciones periféricas** del ganglio geniculado recogen la sensibilidad de la *zona de Ramsay-Hunt* (concha del pabellón auricular y parte posterior del conducto auditivo externo y de la membrana timpánica).

Las **prolongaciones centrales** forman parte del nervio intermediario, pero llegadas al tronco del encéfalo se incorporan al tracto espinal del trigémino y terminan sobre el núcleo espinal.

Componente vegetativo

El facial contiene importantes *fibras eferentes vegetativas* de naturaleza *parasimpática* que tienen su origen real en los núcleos lagrimal y salivatorio superior ubicados en la parte caudal de la calota pontina. Se trata de poblaciones neuronales mal definidas que se disponen medialmente al núcleo motor del facial.

Las fibras que nacen en el **núcleo lagrimal** (*núcleo muco-lagrimo-nasal*) son fibras parasimpáticas preganglionares que abandonan el tronco del encéfalo con el nervio intermedio, luego se incorporan al nervio petroso mayor y llegan al **ganglio pterigopalatino** (Fig. 19-10), donde hacen sinapsis con la segunda neurona parasimpática. Las fibras posganglionares siguen dos trayectos: unas alcanzan la glándula lagrimal a través del nervio cigomático; otras, siguiendo los pedículos nasales y palatinos del V par, terminan en las microglándulas mucosas de las fosas nasales, los senos paranasales y el paladar.

Las fibras que surgen del **núcleo salivatorio superior** siguen por el nervio intermediario y la cuerda del tímpano, e incorporadas al trayecto de la rama lingual del V par alcanzan el **ganglio submandibular** (Fig. 19-12) y los pequeños cúmulos neuronales que forman el **ganglio sublingual**. De estos ganglios salen fibras posganglionares, muy cortas, para las glándulas submandibular y sublingual.

Lesiones

El nervio facial puede resultar afectado en cualquier punto de su recorrido en razón de múltiples causas: tumores del ángulo pontocerebeloso, otitis, fracturas del peñasco, tumores de la parótida, etc. Siempre que el facial se dañe en su núcleo motor o a lo largo de su trayecto se produce una parálisis de todos los músculos de la mímica del lado afectado. Esta **parálisis** se denomina **periférica** para diferenciarla de la **parálisis central** que, como hemos mencionado, se debe a lesiones cerebrales y respeta los músculos superiores de la cara.

La parálisis periférica más común es la **parálisis de Bell**, producida por una inflamación edematosa del nervio (probablemente de origen vírico) durante su trayecto por el canal facial (Fig. 18-26).

La expresión de la cara establece el diagnóstico. Hay un predominio de los músculos faciales del lado contrario y, en consecuencia, se observa que la comisura labial está desviada hacia el lado sano. Además, en el lado paralizado se ven: la comisura bucal caída, el surco nasogeniano borrado, la piel lisa y sin arrugas, y el párpado inferior caído provocando un aumento de la hendidura palpebral (lagoftalmos).

En la exploración, el paciente no puede cerrar el ojo ni fruncir la frente, y los signos de la parálisis se acentúan cuando se le pide que sople, silbe o ría.

Al déficit motor se pueden asociar otros signos por afectación de los componentes sensitivo y vegetativo, los cuales sirven para precisar el lugar de la lesión.

Así, si el facial es interrumpido más allá del agujero estilomastoideo, únicamente se observa la parálisis de la hemicara.

Si el daño asienta en el peñasco entre la cuerda del tímpano y la rodilla facial, a la parálisis se añade pérdida del gusto en los dos tercios anteriores de la lengua y paladar del lado afectado, pérdida de la secreción salival de las glándulas submandibular y sublingual, e hiperacusia. Esta última se debe a la parálisis del músculo del estribo, que no es capaz de amortiguar las vibraciones de la cadena de huesecillos.

Si el daño es proximal al ganglio geniculado, a los signos anteriormente descritos se añade la pérdida de la secreción lagrimal en el ojo de ese lado. Este trastorno origina sequedad de la córnea, facilitando la formación de úlceras que causan ceguera.

MUSCULATURA FACIAL

Los **músculos faciales** (Fig. 18-27) son también denominados *músculos de la mímica* en razón de su relevante participación en la expresión del rostro humano. Sin embargo, es importante señalar que a la expresión facial contribuyen también los músculos masticadores y, de modo muy particular, los movimientos del globo ocular y la expresión de la mirada.

La mímica es un medio para exteriorizar con un lenguaje mudo el mundo íntimo de los seres humanos, dando corporeidad a las emociones y a los sentimientos. Es también, un sello identificatorio de la persona, pues al igual que el ejercicio muscular transforma el cuerpo, el uso de la musculatura facial va tallando, con el paso del tiempo, el rostro de los seres humanos.

Las expresiones del rostro se desarrollan a partir de seis pautas motoras básicas: alegría, tristeza, disgusto, miedo, cólera y sorpresa o asombro; expresiones que se enriquecen con otros matices, producto de pautas motoras añadidas por la enculturación y que se reflejan en manifestaciones de atención, dolor, placer, soberbia, menosprecio, angustia, etc.

Las expresiones del rostro casi simepre se entremezclan, y hacen participar, en mayor o menor medida, a toda la musculatura facial. Una determinada mímica es producto de unos músculos agonistas determinados, pero también de la acción de los antagonistas y de complejas sinergias musculares. En determinadas expresiones del rostro, unos músculos son más relevantes que otros, y esas acciones específicas serán aquí indicadas.

Los músculos faciales están inervados por el nervio facial. Carecen de fascia (lo que dificulta su disección) y, en

general, tienen una inserción ósea y otra cutánea, que moviliza la piel.

Los músculos se agrupan en torno a los orificios de la cara, extendiéndose alguno por el cuello o por la bóveda craneal.

Músculos de la boca y los labios

Músculo orbicular de la boca (*m. orbicular de los labios*). Es un músculo elíptico, situado en el espesor de los labios. En realidad, podría describirse como formado por dos músculos semiorbiculares, uno en cada labio, que entrecruzan sus fibras en las comisuras bucales, y se insertan en la piel y mucosa de las mismas.

Consta de dos porciones: labial y marginal. La **porción labial** se sitúa bajo la porción roja (borde libre) de los labios. La **porción marginal** forma la periferia del músculo y consta de fibras que se dirigen desde los relieves alveolares de los caninos a la comisura labial.

Acción

Actúa como un esfínter que cierra los labios. Desempeña un papel relevante en la vocalización del lenguaje. Contribuye a la succión y al beso. El aumento de su contracción da aspecto de firmeza y seguridad; por el contrario, la disminución del tono muscular produce la caída del labio inferior dando al rostro un aspecto «atolondrado».

Alrededor del orbicular de la boca se disponen una serie de músculos *elevadores* y *depresores* que se organizan en dos planos, uno profundo y otro superficial. En las comisuras labiales muchos de estos músculos entremezclan sus fibras contribuyendo a la formación de un pequeño nódulo muscular, de densidad muy variable, denominado **modiolo**.

Plano profundo

Músculo elevador del ángulo de la boca (*m. canino*). Se origina en la fosa canina del maxilar y termina en la comisura labial.

Acción

Eleva la comisura bucal y el labio superior descubriendo los dientes. Contribuye a la formación del surco nasolabial. En los animales carnívoros, su potente acción deja ver los dientes caninos en actitud amenazadora y agresiva. En el ser humano, la contracción unilateral contribuye a dar un aspecto de actitud cínica o de suficiencia.

Músculo buccinador[5]. Es un músculo robusto que constituye el soporte de la mejilla. Tiene forma rectangular. Se origina en el rafe pterigomandibular, los bordes alveolares del maxilar y de la mandíbula a nivel de los molares y en la cresta buccinatriz. Termina en la comisura bucal, entremezclándose con el orbicular de la boca.

Acción

Es un músculo de funciones complejas. Comprime el vestíbulo bucal, aproximando las mejillas a los dientes, acción que sirve en la masticación para mantener el alimento entre los molares, o para expulsar el aire a través de los labios como sucede al soplar o silbar. Tira de la comisura bucal hacia fuera contribuyendo a expresiones diversas de alegría o de llanto. Su contracción tónica evita que se formen pliegues en las mejillas.

Músculo depresor del labio inferior (*m. cuadrado del mentón*). Tiene su origen en la parte anterior de la mandíbula, por debajo del agujero mentoniano. Termina sobre la piel del labio inferior.

Acción

Desciende el labio y lo evierte ligeramente hacia fuera. Contribuye a la expresión de enfado y disgusto, pero también a la de impaciencia o de ironía.

Músculo mentoniano (*m. de la borla de la barba*). Es un músculo de forma cónica que ocupa el espacio entre los depresores del labio inferior. Se origina en la parte anterior de la mandíbula, sobre la eminencia alveolar del segundo incisivo, y termina en la piel de la barbilla.

Acción

Este músculo eleva el mentón y el labio inferior. Produce el pliegue labiomentoniano. Participa en las expresiones de duda, desdén o soberbia. En los niños pequeños su contracción caracteriza al gesto de «hacer pucheros» durante el llanto.

Plano superficial

Músculo elevador del labio superior y del ala de la nariz. Tiene su origen en la apófisis frontal del maxilar, desciende el surco nasogeniano y termina en la parte posterior del cartílago del alar mayor de la nariz y en la piel del labio superior.

Acción

El músculo tira hacia arriba y hacia fuera del ala de la nariz, contribuyendo a su dilatación, al tiempo que eleva el labio superior.

Músculo elevador del labio superior. Es un músculo cuadrilátero, tapado medialmente por el músculo precedente y que cubre superficialmente al músculo canino. Se

[5] Buccinador: derivado del latín *bucca* (boca); para otros deriva del latín *bucina* (trompeta), por su papel en la acción de soplar, como para expulsar el aire al tocar la trompeta.

origina en el reborde inferior de la órbita, sobre el agujero infraorbitario, y termina en la piel del labio superior.

Acción

Este músculo eleva y evierte el labio superior dando a la boca un aspecto rectangular. Participa en las expresiones de disgusto o de menosprecio y suficiencia.

Músculo cigomático menor. Es un músculo delgado y de forma acintada que tiene su origen en la cara lateral del hueso cigomático. Termina sobre la piel del labio superior.

Acción

Participa en las mismas funciones que el músculo elevador del labio superior y, al igual que él, contribuye a la formación del surco nasolabial.

Músculo cigomático mayor. Es un músculo alargado y acintado, generalmente robusto. Se origina en la cara lateral del hueso cigomático, deciende oblicuamente para terminar en la comisura labial.

Acción

Desplaza el ángulo de la boca hacia arriba y hacia fuera caracterizando las expresiones de alegría o de risa. La contracción unilateral proporciona al rostro un gesto de escepticismo.

Músculo risorio. Es un estrecho fascículo de fibras musculares que se extiende horizontalmente desde las fascias parotídea y maseterina a la piel de la comisura labial. Tiene una gran variabilidad.

Acción

El músculo desplaza ligeramente las comisuras labiales hacia fuera. Su actividad contribuye a la expresión de la sonrisa, pero también a dar al rostro una actitud sarcástica.

Músculo depresor del ángulo de la boca (*m. triangular*). Es un músculo amplio y triangular que se origina en la parte anteroexterna de la mandíbula, junto al borde inferior, y se extiende hasta la comisura labial.

Acción

Este músculo tira de la comisura labial hacia abajo y hacia fuera dando a la boca un aspecto de «V» invertida, lo contrario que el músculo cigomático mayor. Es un músculo importante en la expresión de los estados de tristeza y pesadumbre.

Músculo plastisma (*m. cutáneo del cuello*) (Figs. 17-6; 18-24). Es una extensa lámina muscular que desborda la cara y cubre la parte anterior y lateral del cuello. Su desarrollo varía mucho entre los individuos. Se origina caudalmene en una amplia zona que interesa a la piel que cubre el deltoides, la clavícula y la parte superior del pectoral mayor. Termina mediante sus fibras profundas en el borde inferior de la mandíbula; y mediante sus fibras superficiales, en la comisura bucal y la piel de la mejilla.

Acción

El músculo tensa la piel del cuello determinandio la aparición de surcos, y baja la comisura labial y la mandíbula. Contribuye a las expresiones de miedo, espanto o susto.

Músculos de la nariz

Músculo nasal

Se origina por encima del relieve alveolar del incisivo lateral, entremezclando sus fibras con las del músculo depresor del septo nasal, luego asciende y se divide en dos porciones: porción transversa y porción alar.

La **porción transversa** cubre el dorso de la nariz insertándose en la aponeurosis nasal, la cual sirve de nexo de unión al músculo contralateral.

La **porción alar** se extiende bajo la piel del ala de la nariz insertándose en ella.

Acción

Este músculo dilata los orificios nasales. Contribuye a dar al rostro un aire sensual. Participa en la expresión de estados de atención y de alerta, así como de desdén y soberbia.

Músculo depresor del tabique. Es un pequeño músculo que se origina por encima del relieve del incisivo medial y asciende al terminar en la piel del subtabique nasal.

Acción

Retrae el orificio nasal. Contribuye a la expresión de seriedad y preocupación.

Músculos periorbiculares y palpebrales

Músculo orbicular de los ojos (*m. orbicular de los párpados*). Es un músculo circular que rodea la base de la órbita y la hendidura palpebral. Está constituido por tres partes: orbitaria, palpebral y lagrimal.

La **porción orbitaria** es una cinta muscular que rodea el reborde orbitario insertándose en él y en la piel que lo cubre.

La **porción palpebral** se encuentra en el espesor de los párpados por delante del tarso y del septo orbitario (véase Párpados). El músculo se extiende desde el ligamento palpebral medial al ligamento palpebral lateral, dispuestos en las comisuras palpebrales respectivas. Las fibras musculares marginales, situadas junto a los folículos pilosos de las pestañas, se han denominado **fascículo ciliar**.

La **porción lagrimal** es un pequeño fascículo muscular dependiente de la porción palpebral. Se desprende de ésta partiendo del ligamento palpebral medial, rodea los con-

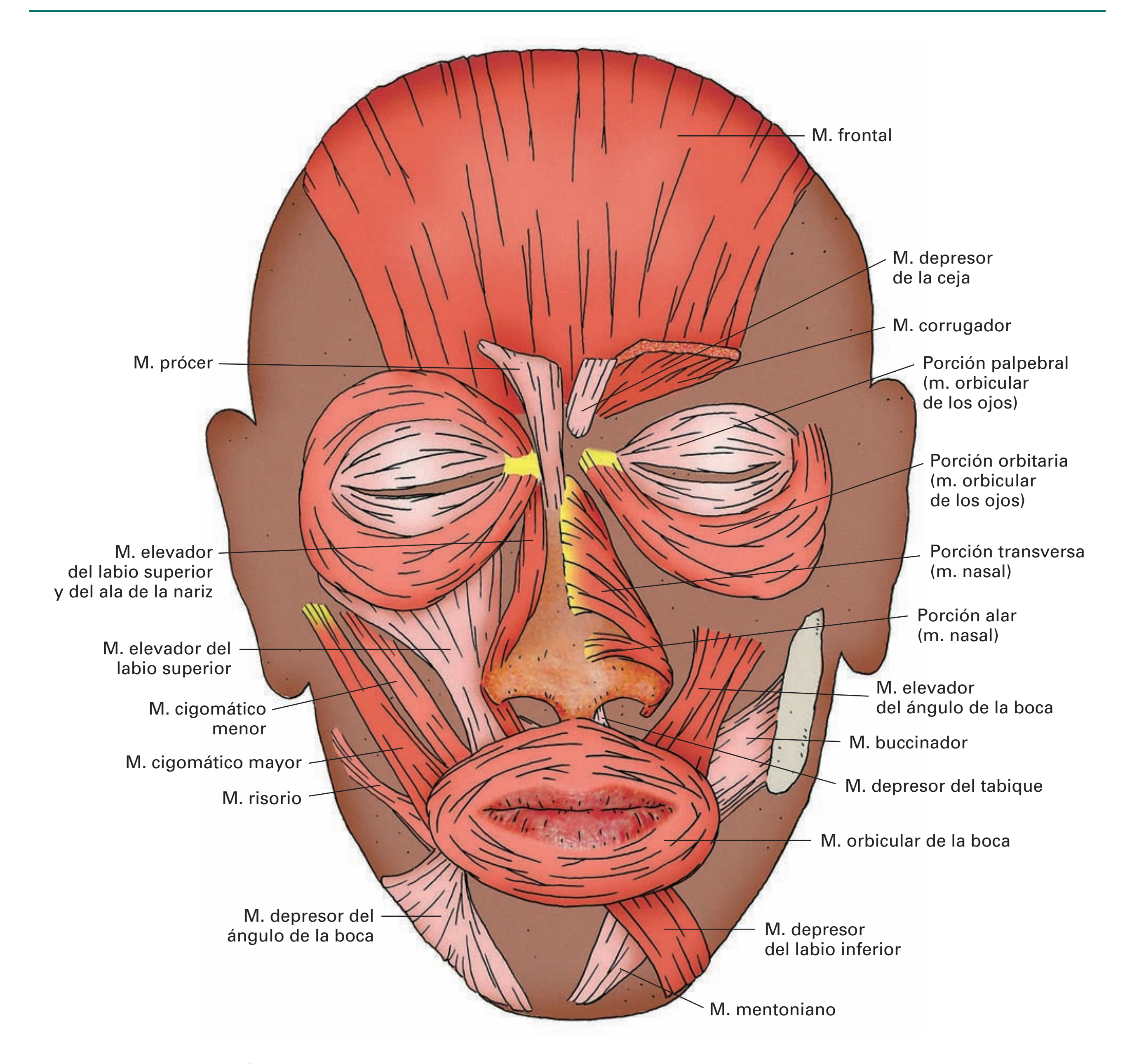


Figura 18-27. Músculos faciales. La mayor parte de los músculos han sido representados unilateralmente.

ductillos lagrimales y se inserta en la cresta lagrimal posterior, por detrás del saco lagrimal.

Acción

El músculo orbicular de los ojos es el músculo que cierra los párpados, de forma refleja o voluntaria. Da lugar a la formación de los pliegues cutáneos denominados «patas de gallo» por fuera del ángulo externo del ojo. El movimiento de parpadeo es decisivo en el transporte de las lágrimas desde la glándula a las vías a lagrimales. La porción lagrimal participa específicamente en el drenaje de las lágrimas, y se afirma que dilata el saco lagrimal.

Músculo corrugador de la ceja[6] (*m. superciliar*). Se sitúa profundo al orbicular del ojo y se extiende horizontalmente por la porción medial del arco superciliar. Tiene su origen en la apófisis orbitaria medial del frontal y termina en la piel de la ceja.

Acción

Desciende y aproxima las cejas, provocando los pliegues cutáneos verticales del entrecejo. Su actividad expresa esta-

[6] Corrugador, del latín *corrugare* = arrugar.

dos de angustia, esfuerzo, tensión o dolor. Se tensa ante el exceso de luz ambiental.

Músculo procero[7] (*m. piramidal*). Está constituido por fibras musculares verticales que cubren la raíz de la nariz. Se origina en los huesos nasales y termina en la piel del entrecejo, entremezclándose con el músculo frontal.

Acción

El músculo tira hacia abajo de la piel del entrecejo y forma pliegues horizontales en esa zona. Participa en la expresión de estados emocionales de lucha vital, de amenaza y de agresividad. Contribuye a dar al rostro el aspecto de «dureza de mirada».

Músculo depresor de la ceja. Es un pequeño músculo vertical situado medialmente al corrugador de la ceja. Se extiende desde el orbicular de los ojos a la piel de la ceja.

Acción

Tiende a juntar el entrecejo en actitud de seriedad o enfado.

Músculo occipitofrontal. Es un músculo digástrico y plano que cubre la bóveda craneal. Está formado por una porción posterior, el músculo occipital y otra porción anterior, el músculo frontal, separados por una lámina tendinosa intermedia, la aponeurosis epicraneal.

El **músculo occipital** se origina en la línea nucal suprema y en la mastoides. Termina en la aponeurosis epicraneal (Fig. 18-24).

El **músculo frontal** se origina en la aponeurosis epicraneal y termina en la piel de la ceja y del entrecejo. Entremezcla fibras con los músculos procero, orbicular del ojo y corrugador de la ceja.

La **aponeurosis epicraneal (gálea**[8] **aponeurótica**) es una lámina tendinosa resistente que cubre el periostio de la bóveda craneal y se adhiere a la piel del cuero cabelludo mediante fibras que atraviesan el panículo adiposo.

Acción

El músculo occipital se comporta como un sinergista fijador de la aponeurosis epicraneal, para que el músculo frontal, tomando punto fijo en ella, tire de la piel de la frente hacia arriba, produciendo su fruncimiento en forma de pliegues horizonales. Indirectamente, eleva el párpado superior. Su actividad contribuye a la expresión de estados de atención, pero también de preocupación o tristeza.

Músculos auriculares (Fig. 18-24)

Son músculos rudimentarios en el ser humano. En los animales cumplen el papel de movilizar el pabellón auricular para orientarlo hacia la fuente del sonido. Hay tres músculos auriculares: anterior, superior y posterior.

Músculo auricular anterior. Se origina en la fascia temporal y la aponeurosis epicraneal y termina en la espina del hélix.

Músculo auricular superior. Se origina en la aponeurosis epicraneal y termina en la raíz de la concha.

Músculo auricular posterior. Tiene origen en la mastoides y termina en la raíz de la concha.

NERVIO VESTIBULOCOCLEAR

El **nervio vestibulococlear (VIII par**) es un nervio complejo formado por dos nervios funcionalmente diferentes, el **nervio coclear** y el **nervio vestibular**. El nervio coclear forma parte de la vía acústica y recoge la información auditiva procedente del órgano de Corti. El nervio vestibular es parte de la vía vestibular, la cual recoge información relacionada con el equilibrio corporal procedente de los receptores vestibulares del laberinto.

Origen aparente (Fig. 18-1)

El nervio vestibulococlear emerge en la parte lateral del surco bulboprotuberancial, por fuera del facial. Lo hace mediante dos raíces aparentemente fusionadas, la **raíz superior o vestibular** y la **raíz inferior o coclear**.

Trayecto

Ambas raíces se juntan en un tronco único que se dirige hacia fuera y hacia delante por el espacio subaracnoideo de la fosa craneal posterior y penetra en el conducto auditivo interno; cerca del fondo se separan los dos componentes y dan sus ramas terminales. Antes de emitirlas, en el nervio vestibular aparece un abultamiento denominado **ganglio vestibular** (*ganglio de Scarpa*), el cual consta de una **porción superior** y otra **inferior**.

Se distinguen dos segmentos en este trayecto: en la fosa craneal posterior y en el conducto auditivo interno.

En la **fosa craneal posterior**, el VIII par se sitúa en la cisterna del ángulo pontocerebeloso en compañía del nervio facial, que se dispone por encima, y con el que forma el «paquete acusticofacial». Por encima se encuentran los nervios trigémino y abducens, y, por debajo, los nervios glosofaríngeo y vago (Fig. 18-12).

En el **conducto auditivo interno**, el VIII par ocupa la posición más inferior, por debajo del facial. La arteria laberíntica, rama del tronco basilar, acompaña a los nervios.

Distribución (Fig. 18-28)

El **nervio coclear** se divide en múltiples filetes nerviosos que atraviesan el área coclear del fondo del conducto audi-

[7] Procero, del latín *procerus* = alto, elevado.

[8] Gálea, del latín *galeam* = casco de los soldados romanos.

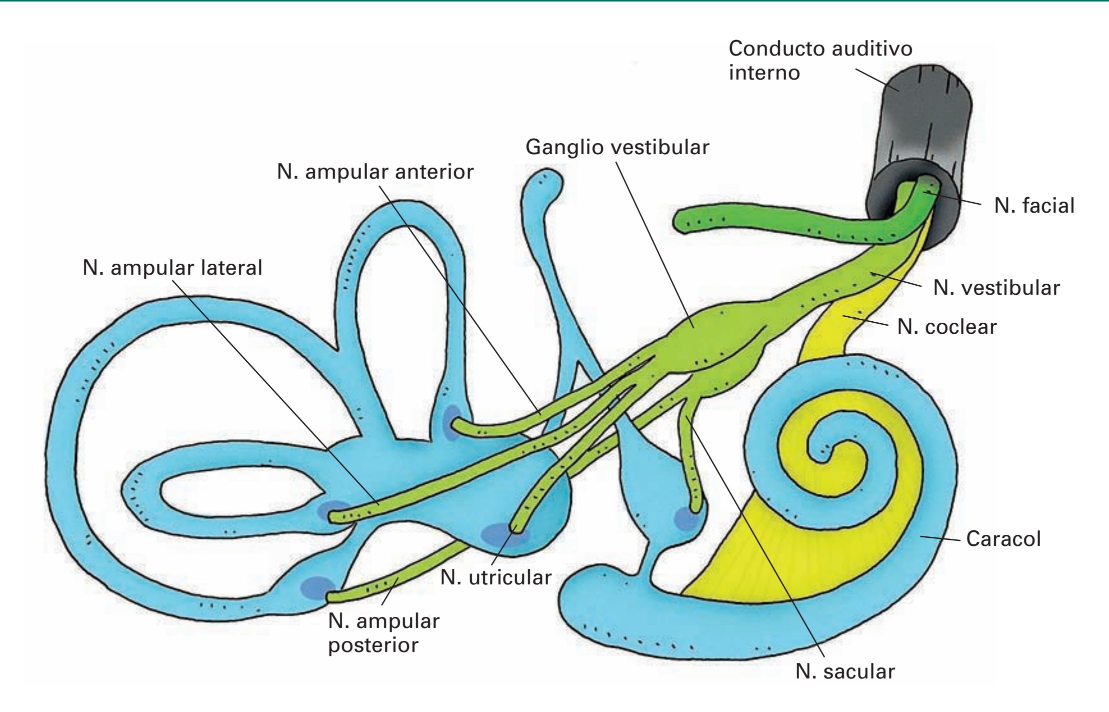


Figura 18-28. Nervio vestibulococlear.

tivo interno y penetran en el modiolo. Discurren por los canales longitudinales del modiolo y llegan al **ganglio espiral** de la cóclea (*ganglio de Corti*) situado en el canal espiral. Del ganglio salen fibras que discurren por los canalículos de la lámina espiral para alcanzar el receptor auditivo, el **órgano de Corti.**

El **nervio vestibular** emite sus ramas terminales distalmente al ganglio. De la porción superior del ganglio parte el nervio utriculoampular y de la porción inferior del ganglio salen los nervios sacular y ampular posterior.

El **nervio utriculoampular** penetra en el laberinto por el área vestibular superior del fondo del conducto auditivo interno. Da el **nervio utricular** para la mácula del utrículo y los **nervios ampulares anterior** y **lateral** para las crestas ampulares de los canales semicirculares correspondientes. En ocasiones, existe un *nervio sacular superior* para la mácula del sáculo.

El **nervio sacular** llega al laberinto por el área vestibular inferior del fondo del conducto auditivo interno y se distribuye por la mácula sacular. El **nervio ampular posterior** atraviesa el agujero singular, por fuera del área vestibular inferior, y llega a la cresta ampular posterior.

Sistematización

Como se ha mencionado al principio, los nervios coclear y vestibular son los primeros eslabones de las vías acústica y vestibular. Digamos, aquí, lo siguiente con respecto a su sistematización fibrilar.

Nervio vestibular

El nervio vestibular está constituido únicamente por **fibras aferentes sensoriales** que son las primeras neuronas de la vía vestibular, la cual está al servicio tanto de los importantes reflejos que mantienen el equilibrio como de la sensopercepción del mismo. Estas fibras tienen su origen real en el **ganglio vestibular**, el cual tiene las típicas células sensitivas unipolares con axón bifurcado en T. La *prolongación periférica* de estas neuronas sensitivas constituye los nervios utriculoampular, sacular y ampular posterior, destinados a hacer sinapsis con las células receptoras ciliadas de las máculas utricular y sacular y de las crestas ampulares.

La *prolongación central* es el tronco del nervio vestibular, el cual penetra en el tronco del encéfalo por el origen aparente y termina en los **núcleos vestibulares**. Estos núcleos son el asiento de la segunda neurona de la vía vestibular hacia la corteza y de interneuronas de conexión al cerebelo y a núcleos troncoencefálicos y medulares.

Los núcleos vestibulares (superior, lateral, medial e inferior) forman el **área vestibular**, situada en la parte más externa de la placa ventricular de la unión bulbopontina, haciendo relieve en el suelo del IV ventrículo.

Nervio coclear

El nervio coclear contiene fundamentalmente **fibras aferentes sensoriales** y, en menor número, *fibras eferentes* reguladoras de la actividad del receptor acústico.

Las fibras aferentes sensoriales son las primeras neuronas de la vía acústica. Tienen su cuerpo neuronal en el

ganglio espiral. La *prolongación periférica* de sus neuronas sensitivas discurre por la lámina espiral para alcanzar el receptor acústico. Las fibras penetran en el órgano de Corti atravesando los pilares y luego se ramifican y hacen sinapsis en las bases de las células ciliadas.

La *prolongación central* constituye primero los filetes nerviosos que discurren por los canales longitudinales del modiolo, atraviesa el área coclear (tracto espiral criboso) y, luego, el tronco del nervio coclear, el cual penetra en el tronco del encéfalo por el origen aparente del VIII par y termina haciendo sinapsis sobre los **núcleos cocleares**, asiento de la segunda neurona de la vía acústica.

Los núcleos cocleares son dos, el **núcleo coclear anterior** y el **posterior**. Se sitúan en la zona dorsolateral del bulbo raquídeo, próximos al receso lateral del IV ventrículo, por debajo y por fuera del pedúnculo cerebeloso inferior.

Fibras eferentes. Forman el **tracto olivococlear**. Son axones de neuronas situadas en la oliva pontina y que alcanzan las células ciliadas del órgano de Corti. Ejercen un papel regulador o de «filtro» de la audición.

NERVIO GLOSOFARÍNGEO

El **nervio glosofaríngeo, IX par craneal**, es un nervio mixto (sensitivo, motor y vegetativo). Es el nervio del tercer arco branquial, a cuyos derivados embrionarios inerva. El componente sensitivo recoge sensibilidad de la faringe, velo del paladar, oído medio, tercio posterior de la lengua (general y gustativa), así como de los barorreceptores del seno carotídeo y los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo; la información procedente del seno y del cuerpo carotídeo es vital en los mecanismos que controlan la presión arterial y la concentración de gases en la sangre. El componente motor, de escasa significación, inerva algún músculo de la faringe. El componente vegetativo tiene, fundamentalmente, carácter parasimpático y conduce fibras destinadas a la glándula parótida.

El nervio glosofaríngeo posee dos pequeños ganglios sensitivos asociados a su trayecto en su salida del cráneo: **ganglio superior** y **ganglio inferior**. El ganglio vegetativo relacionado con el nervio es el **ganglio ótico**, de naturaleza parasimpática.

Origen aparente (Fig. 18-1)

El nervio glosofaríngeo emerge por varias raíces en la parte más alta del surco colateral posterior del bulbo raquídeo, entre el nervio vestibulococlear por arriba y el nervio vago por abajo.

Trayecto (Fig. 18-29)

Las raíces convergen en un tronco único que se dirige en el espacio subaracnoideo de la *fosa craneal posterior* por la

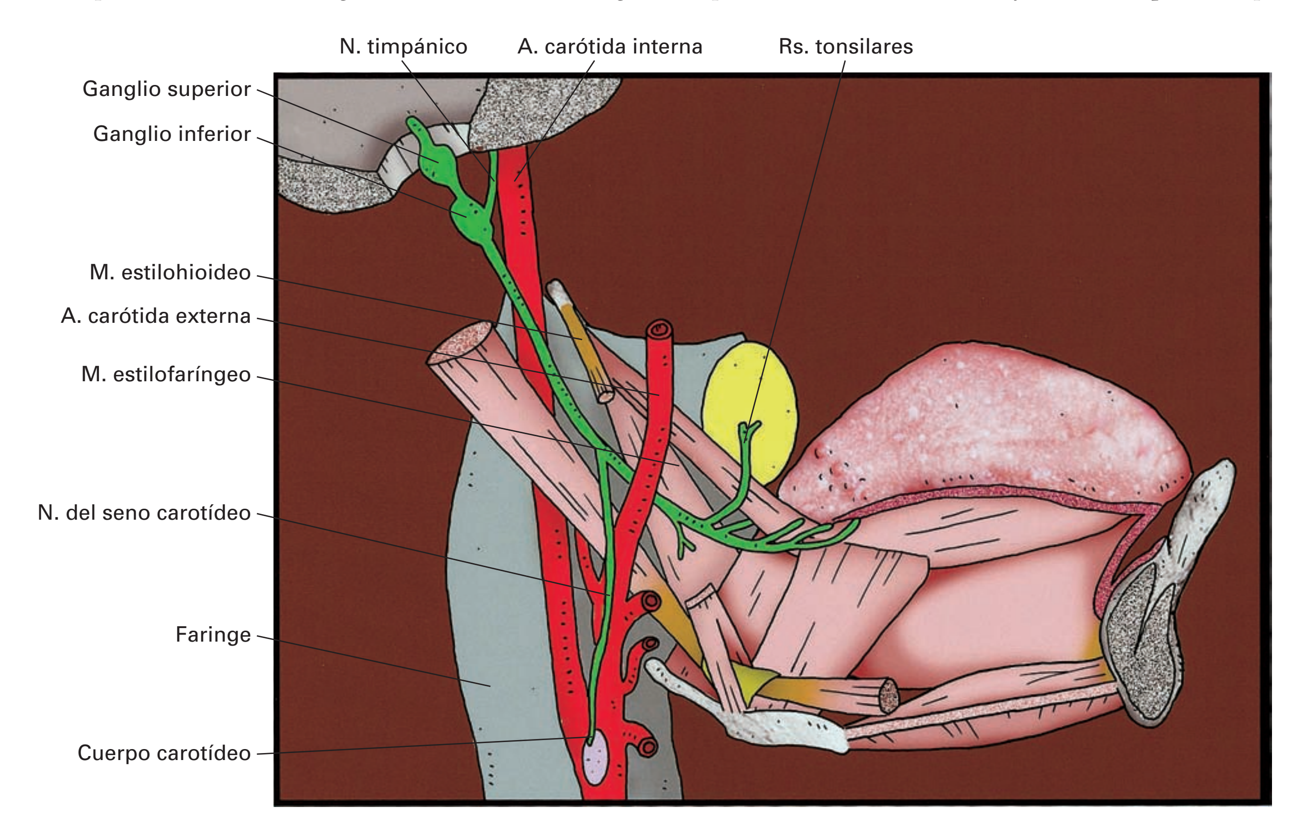


Figura 18-29. Representación esquemática del nervio glosofaríngeo. El óvalo amarillo representa la amígdala palatina.

parte más baja del ángulo pontocerebeloso. El nervio se sitúa delante del flóculo del cerebelo y por detrás del tubérculo occipital; la arteria vertebral, cuando contornea el bulbo raquídeo, se dispone por debajo del nervio. Sale del cráneo por el *agujero yugular*, donde ocupa, en una vaina dural propia, la parte más medial de la porción nerviosa de este orificio, en íntima relación con el seno petroso inferior; un tracto fibroso lo aísla externamente de los nervios vago y accesorio. A este nivel presenta dos engrosamientos ganglionares de naturaleza sensitiva: el ganglio inferior (*ganglio petroso*), situado por debajo del agujero yugular, y el ganglio superior, más pequeño, en la fosa yugular del peñasco.

Penetra en el *espacio retroestiloideo*, el cual recorre hacia abajo y hacia delante describiendo una ligera curva de concavidad anterior. Situado primero por detrás de la arteria carótida interna, pasa luego entre ésta y la vena yugular interna.

Abandona el espacio retroestiloideo atravesando, primero, la pinza arterial formada entre las carótidas interna y externa, y, luego, el diafragma de los músculos estíleos, pasando por la pinza muscular comprendida entre los músculos estilofaríngeo por dentro y estilogloso por fuera. Cuando el nervio se desliza entre los músculos estíleos se coloca en la *región periamigdalar*, cerca del polo inferior de la amígdala, en relación con la arteria palatina ascendente. Finalmente, el nervio alcanza la mucosa de la base de la lengua pasando bajo el borde inferior del músculo constrictor superior y emite sus ramas terminales.

Distribución

Ramas terminales

El glosofaríngeo termina emitiendo las **ramas linguales** que inervan la mucosa de la porción faríngea de la lengua, entre el surco terminal y la base de la epiglotis; por delante del surco terminal las fibras alcanzan las papilas caliciformes, cuya inervación comparten con la cuerda del tímpano; por detrás alcanzan a inervar la epiglotis entremezcladas con el vago. Las ramas linguales recogen sensibilidad gustativa y general, y transportan, además, fibras parasimpáticas para microganglios de la base lingual, de los que salen pequeñas fibras para las microglándulas mucosas de la zona.

Ramas colaterales

El **nervio timpánico** (*nervio de Jacobson*) (Fig. 18-22) se desprende a nivel del ganglio inferior, se dirige hacia arriba y penetra enseguida en el temporal por el pequeño canal timpánico, entre el conducto carotídeo inferior y la fosa yugular, que le conduce hasta la caja del tímpano, donde se sitúa en la pared interna aplicado sobre el promontorio. Da ramitos plexiformes (**plexo timpánico**) para la mucosa de la caja del tímpano, celdillas mastoideas y trompa auditiva, y se continúa formando **el nervio petroso menor**, que escapa de la caja bajo el músculo tensor del tímpano por el hiato del canal del nervio petroso menor en la cara anterosuperior del peñasco. Se desliza bajo la duramadre hasta la sutura esfenopetrosa, por donde sale a la región infratemporal para terminar inmediatamente sobre el **ganglio ótico** (Fig. 18-16). El nervio timpánico y su continuación, el nervio petroso menor, contienen fibras parasimpáticas preganglionares. Del ganglio ótico salen fibras posganglionares que, incorporándose al nervio auriculotemporal (**ramo comunicante con el nervio auriculotemporal**), inervan la parótida.

El plexo timpánico se forma también por fibras anastomóticas procedentes de la rodilla del facial (**ramo comunicante con el plexo timpánico**) y por fibras simpáticas del plexo pericarotídeo (**nervio caroticotimpánico**). Algunas fibras del nervio facial se incorporan directamente al nervio petroso menor.

El ganglio ótico es un pequeño ganglio situado bajo el ala mayor del esfenoides inmediatamente por dentro del nervio mandibular.

El **nervio del seno carotídeo** (Fig. 18-29) a veces doble, se origina por debajo del cráneo y desciende por delante de la arteria carótida interna hasta la bifurcación carotídea, donde se distribuye por el seno carotídeo y el cuerpo carotídeo. Conduce información de los barorreceptores del seno y de los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo.

Los **nervios faríngeos** son tres o cuatro ramos originados en el espesor de la fascia perifaríngea; perforan el músculo constrictor superior y se distribuyen por la mucosa de la nasofaringe y de la orofaringe.

El **ramo del músculo estilofaríngeo** está destinado a inervar este músculo.

Los **ramos tonsilares** se originan en la región periamigdalar y se ramifican por la amígdala palatina y la mucosa del velo del paladar, incluido el istmo de las fauces.

Reflejo deglutorio. Cuando el bolo alimenticio contacta con la mucosa del istmo de las fauces se estimula el nervio glosofaríngeo y se pone en marcha el reflejo deglutorio, que inicia la fase automática e irreversible de la deglución.

Anastomosis

A lo largo de su trayecto, el glosofaríngeo se anastomosa con el vago, el facial, el trigémino y el sistema simpático.

Con el nervio vago presenta las siguientes anastomosis: 1) El **ramo comunicante con el nervio auricular**, fino y breve nervio que une el ganglio inferior con esta rama vagal. 2) Con las ramas faríngeas del vago para formar el

plexo faríngeo. 3) Entre el nervio del seno carotídeo y los ramos vagales del cuerpo carotídeo.

Con el nervio facial: 1) en el plexo timpánico, 2) bajo la base craneal, entre la porción extrapetrosa del facial y el ganglio inferior, y 3) el ramo comunicante con la cuerda del tímpano, entre ésta y el ganglio ótico.

Con el trigémino: a nivel del plexo tonsilar con ramas de los nervios palatinos menores.

Con el simpático: 1) el ganglio inferior recibe fibras del ganglio cervical superior, 2) en el plexo timpánico por los nervios caroticotimpánicos, 3) los ramos del seno carotídeo reciben fibras de la cadena cervical.

Lesiones

La lesión pura del glosofaríngeo es muy rara. El nervio se afecta conjuntamente con los nervios vago y accesorio, generalmente en el agujero yugular (véase más adelante).

Sistematización (Fig. 18-30)

El glosofaríngeo tiene fibras motoras, sensitivas y vegetativas.

Componente motor

Las *fibras estrimotoras* son escasas y están destinadas únicamente al músculo estilofaríngeo. Tienen su origen real en un grupo de neuronas de la parte más rostral del **núcleo ambiguo**.

El núcleo ambiguo es una columna neuronal estrecha y alargada que ocupa casi toda la altura del bulbo raquídeo. Se sitúa en la calota bulbar por detrás del núcleo olivar inferior y por dentro del núcleo espinal del trigémino.

Componente sensitivo

Las fibras sensitivas del IX par tienen su origen real en las neuronas monopolares de los **ganglios sensitivos superior** e **inferior**. Recogen sensibilidad general, gustativa y especial.

Sensibilidad general

Las prolongaciones periféricas de las neuronas sensitivas recogen sensibilidad general de las mucosas del tercio posterior de la lengua, nasofaringe, orofaringe (incluyendo la

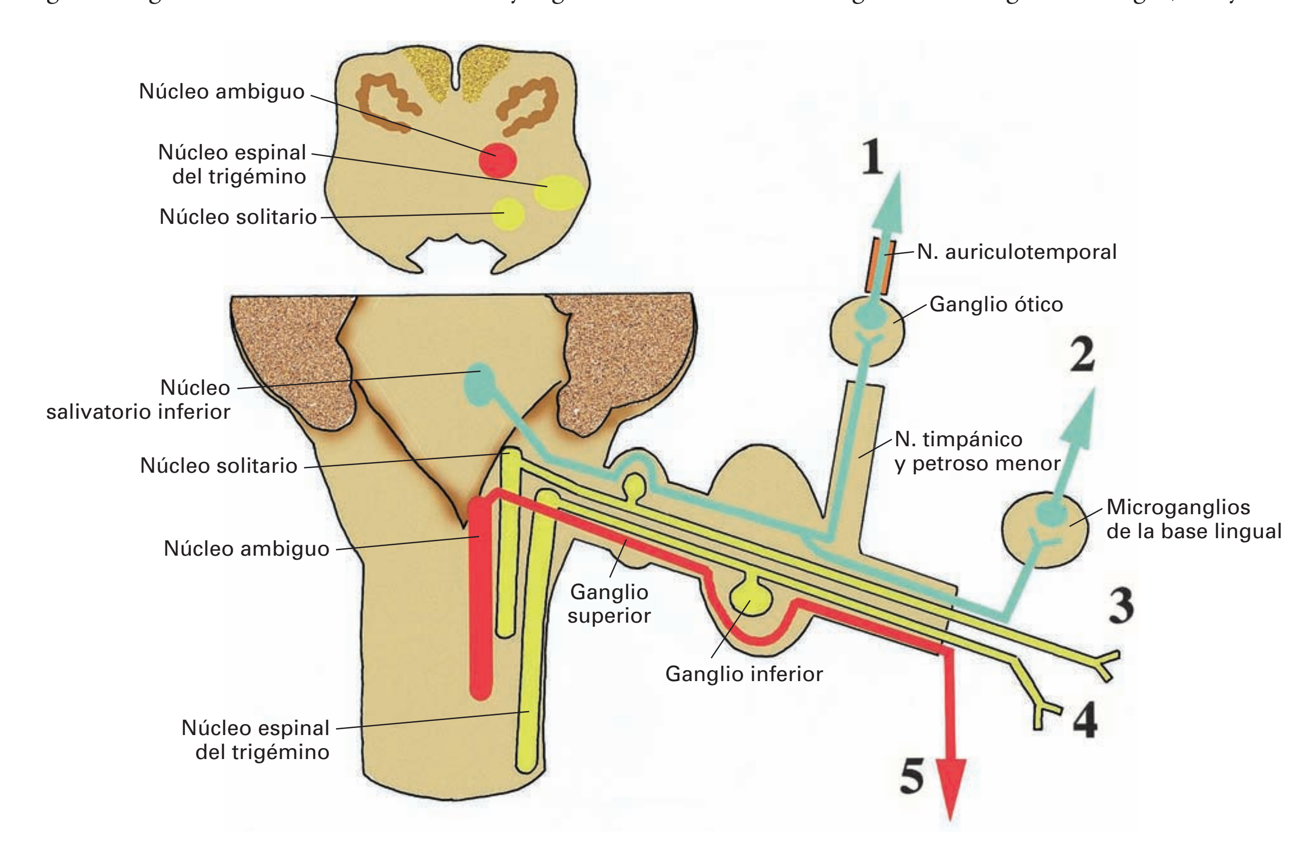


Figura 18-30. Origen real y sistematización fibrilar del nervio glosofaríngeo. Territorio de inervación vegetativa parasimpática (azul): glándula parótida (1); microglándulas salivales de la base lingual (2). Territorio de inervación sensitiva gustativa (amarillo): tercio posterior de la lengua (3). Territorio de inervación sensitiva general y especial (amarillo): mucosas del oído medio, del tercio posterior de la lengua, de la nasofaringe, de la bucofaringe y del velo del paladar; receptores del seno carotídeo y del cuerpo carotídeo (4). Territorio de inervación motora (rojo): músculo estilofaríngeo (5).

amígdala palatina y el istmo de las fauces), velo del paladar, caja del tímpano, celdillas mastoideas y trompa auditiva.

Las prolongaciones centrales penetran en el tronco del encéfalo por el origen aparente y se incorporan al tracto espinal del trigémino para terminar haciendo sinapsis en neuronas del **núcleo espinal**.

Sensibilidad gustativa

Las prolongaciones periféricas transportan sensibilidad gustativa del tercio posterior de la lengua, incluyendo el surco terminal y las papilas caliciformes (cuyo territorio comparten con la cuerda del tímpano).

Las prolongaciones centrales entran en la calota del bulbo raquídeo y, tras pasar entre el núcleo espinal del trigémino y el núcleo ambiguo, se dirigen a terminar en la porción rostral del **núcleo solitario** (*núcleo gustativo*).

Sensibilidad especial

Las prolongaciones periféricas proceden de los receptores del seno carotídeo (barorreceptores) y del cuerpo carotídeo (quimiorreceptores), y las prolongaciones centrales terminan en el **núcleo solitario** y en la formación reticular. Estas fibras establecen importantes conexiones colaterales con el núcleo dorsal del vago que son el fundamento del reflejo vago-glosofaríngeo que regula la presión arterial.

Componente vegetativo

Las *fibras eferentes vegetativas* son de naturaleza *parasimpática*. Se originan en **el núcleo salivatorio inferior**. Es éste, una pequeña población neuronal situada en la parte más alta de la calota del bulbo, en las proximidades del puente, se localiza por detrás de la porción rostral del núcleo ambiguo. Las fibras preganglionares que abandonan el núcleo se incorporan al tronco nervioso del glosofaríngeo y siguen dos vías: *a*) unas fibras viajan con el nervio timpánico y el petroso menor para llegar al **ganglio ótico** (Fig. 19-11). Las fibras posganglionares se juntan al nervio auriculotemporal (V par) para inervar la glándula parótida; *b*) otras fibras preganglionares siguen el trayecto del nervio hasta su terminación y hacen sinapsis sobre microganglios parasimpáticos de la base de la lengua; las fibras posganglionares, muy cortas, inervan las microglándulas salivales de la base lingual.

NERVIO VAGO

El **nervio vago X par craneal** (*nervio neumogástrico*), es un nervio mixto (vegetativo, motor y sensitivo). Es el nervio de los arcos branquiales cuarto y sexto. El componente parasimpático conduce fibras para la musculatura lisa y las glándulas del aparato digestivo —desde el esófago al ángulo esplénico del colon—, y del aparato respiratorio, además del corazón, el hígado, las vías biliares, el páncreas, el bazo y los riñones. El componente motor inerva los músculos de la laringe y gran parte de los de la faringe y el velo del paladar. El componente sensitivo recoge sensibilidad de la laringofaringe, la laringe, vísceras torácicas y abdominales, la meninge de la fosa craneal posterior, el conducto auditivo externo, los barorreceptores del arco aórtico y los cuerpos aorticopulmonares.

El nervio vago presenta dos ganglios sensitivos asociados a su trayecto en la proximidad de su salida del cráneo: **ganglio superior** (*ganglio yugular*) y **ganglio inferior (ganglio plexiforme)**.

Origen aparente (Fig. 18-1)

El vago emerge por el surco colateral posterior del bulbo raquídeo mediante dos grupos de fibras: **fibras superiores** o **vagales propiamente dichas** y **fibras inferiores** o **vagales desplazadas (raíz craneal del accesorio)**.

Las fibras superiores forman seis a ocho raicillas que convergen hacia fuera para formar un tronco nervioso; se disponen inmediatamente caudales a las del glosofaríngeo.

Las fibras inferiores corresponden a lo que se describe clásicamente como *raíz craneal del accesorio* y que, en realidad, constituyen fibras del sistema vagal desplazadas caudalmente para salir del bulbo raquídeo. Estas fibras forman cuatro a cinco raicillas situadas por debajo de las anteriores y se dirigen hacia fuera formando un tronco que, *transitoriamente, se fusiona con el nervio accesorio* ***(raíz espinal)*** *para salir del cráneo.*

Trayecto (Fig. 18-31)

El vago sale del cráneo por el agujero yugular; las *fibras vagales desplazadas se desprenden inmediatamente del nervio accesorio y se fusionan definitivamente al vago a nivel del ganglio plexiforme* (Fig. 18-32). El nervio ocupa el espacio retroestiloideo, luego desciende en el cuello por la región esternocleidomastoidea, penetra en el tórax, ocupando primero el mediastino superior, pasa por detrás de los pedículos pulmonares y alcanza las paredes del esófago en el mediastino posterior. Atraviesa el diafragma y entra en el abdomen, donde se divide en dos ramas terminales, los **troncos vagales anterior y posterior**.

En el *espacio subaracnoideo de la fosa craneal posterior*, el vago se dirige hacia fuera por debajo del glosofaríngeo, en la parte más caudal del ángulo pontocerebeloso. Establece las mismas relaciones que el IX par.

En el *agujero yugular* ocupa la parte central de la porción nerviosa de este orificio, en compañía del accesorio, que está por fuera, y en una misma vaina de duramadre. Un puente fibroso lo aísla, por dentro, del nervio glosofaríngeo. A este nivel, el vago posee un pequeño espesamiento, el **ganglio superior**.

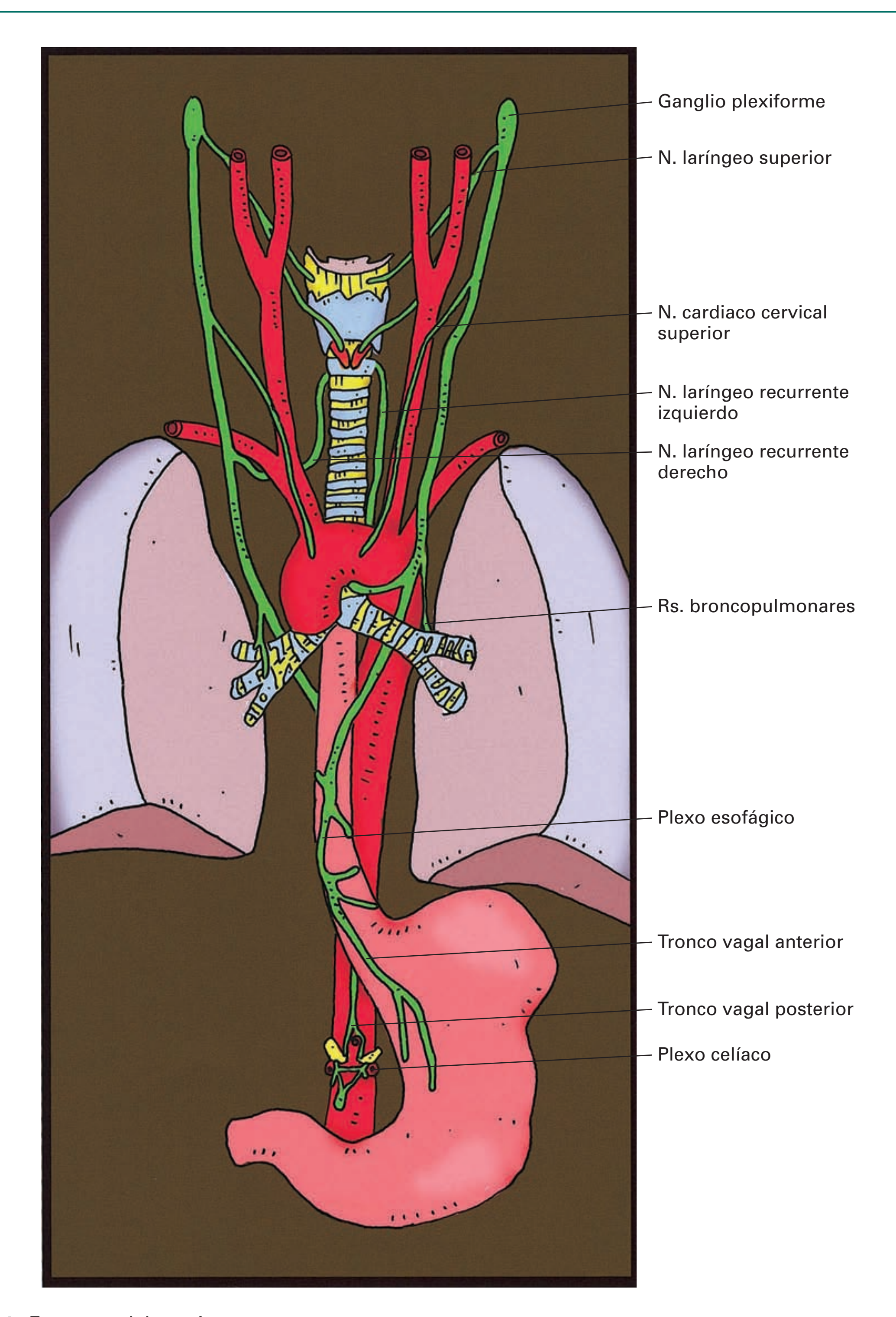


Figura 18-31. Esquema del nervio vago.

En el *espacio retroestiloideo* y en la *región esternocleidomastoidea* el vago está en íntima relación con el paquete vascular del cuello. Desciende por detrás de la vena yugular interna y de las arterias carótidas interna y común, envuelto en la vaina vascular (Fig. 15-12). A través de esta vaina, el vago entra en contacto, por detrás, con el ganglio cervical superior y la cadena simpática.

En el espacio retroestiloideo presenta otro espesamiento ganglionar, el **ganglio plexiforme**; tiene forma de huso, de unos 2.5 cm de altura, y un aspecto plexiforme, que le da nombre, por las numerosas ramas que recibe o emite. Es, precisamente, en la parte alta del ganglio plexiforme donde las fibras vagales desplazadas que estaban fusionadas al accesorio se desprenden de éste y, formando el

ramo interna del accesorio, se anastomosan al tronco vagal.

En la *base del cuello*, los vagos pasan al tórax deslizándose por dentro de la cúpula pleural, (Fig. 15-51) entre un plano venoso y otro arterial. El vago derecho pasa entre el segmento prescalénico de la arteria subclavia por detrás y el confluente venoso derecho por delante. El vago izquierdo se desliza entre el confluente venoso izquierdo por delante y el hiato entre la carótida común y la subclavia por detrás; el cayado del conducto torácico se sitúa por detrás del nervio.

En el *mediastino superior*, los vagos se dirigen hacia abajo y hacia atrás en dirección a los pedículos pulmonares, (Figs. 9-36 y 9-37) por dentro de la pleura mediastínica, separándose progresivamente de los nervios frénicos, que quedan más anteriores. El vago derecho desciende por fuera de la tráquea y por detrás del tronco venoso braquiocefálico y de la vena cava superior. El vago izquierdo se sitúa, en principio, entre la carótida común y la subclavia, y luego cruza por delante del arco aórtico.

Los vagos pasan por detrás de los pedículos pulmonares y se sitúan en el *mediastino posterior*. Descienden hacia la línea media en busca del esófago y se anastomosan a su alrededor formando el **plexo esofágico**. A partir de este punto, se mezclan las fibras de ambos vagos.

El plexo esofágico atraviesa el diafragma rodeando el esófago; en esta travesía, las fibras están muy adheridas al tejido conectivo que une el orificio del diafragma con la pared del esófago.

En el abdomen, el plexo esofágico emite, a nivel del cardias, sus dos ramas terminales: los **troncos vagales anterior** y **posterior**, destinados a las vísceras abdominales.

Distribución

Ramas terminales (Fig. 18-31)

El **tronco vagal anterior** desciende por delante del estómago, muy próximo a la curvatura menor, hasta el píloro. Emite **ramos gástricos anteriores** que inervan la musculatura y las glándulas de la cara anterior del estómago. Da los **ramos hepáticos**, los cuales penetran en el omento menor y buscan el pedículo hepático para distribuirse por el hígado y las vías biliares.

El **tronco vagal posterior** es un plexo nervioso que se forma por detrás del cardias y busca la aorta abdominal, descendiendo con ella hasta el origen de la mesentérica superior. Emite **ramos gástricos posteriores** para la cara posterior del estómago y forma plexos alrededor de algunas ramas viscerales de la aorta (tronco celíaco, renales, mesentérica superior) mediante los cuales inerva todo el tubo digestivo hasta el ángulo esplénico del colon, el páncreas, el bazo y los riñones (**ramos renales**). A nivel del tronco celíaco da los **ramos celíacos**, que se anastomosan al ganglio semilunar.

Los plexos llevan mezcladas fibras simpáticas.

Ramas colaterales

El **ramo meníngeo** en un fino nervio recurrente que se origina en el ganglio superior e inerva la duramadre de la fosa craneal posterior, en la zona del seno transverso y de la fosa cerebelosa.

El **ramo auricular** se origina en el ganglio superior penetra en el conductillo mastoideo de la fosa yugular, que le conduce hacia la porción mastoidea del canal del facial; atraviesa esta porción recibiendo una anastomosis del nervio facial; sale del hueso por la cisura timpanomastoidea e inerva la piel de la parte posteroinferior del conducto auditivo externo y la zona vecina de la membrana del tímpano.

> Las manipulaciones que irritan el conducto auditivo externo o la existencia de cuerpos extraños en su interior pueden dar lugar a reflejos vagales en forma de vómitos.

Los **ramos faríngeos** nacen del ganglio plexiforme y se dirigen hacia la pared lateral de la faringe, donde, a la altura del constrictor medio, forman el **plexo faríngeo** junto con ramas del glosofaríngeo y del simpático cervical. Dan fibras motoras para los músculos constrictores de la faringe y del paladar blando, con excepción del tensor del velo del paladar, y fibras sensitivas para la laringofaringe.

Los *nervios cardíacos* nacen a diferentes niveles del cuello y el tórax; terminan aparentemente en el **plexo cardíaco** entremezclándose con fibras simpáticas; del plexo cardíaco salen fibras que alcanzan las paredes del corazón.

Los **ramos cardíacos cervicales superiores**, (Fig. 18-31) generalmente dos, se originan en el espacio retroestiloideo y descienden por delante de las carótidas interna y común. Los **ramos cardíacos cervicales inferiores** se desprenden del vago en la base del cuello; los derechos descienden junto al tronco arterial braquiocefálico, y los izquierdos lo hacen por delante del arco de la aorta. Los **ramos cardíacos torácicos**, cortos, se desprenden del vago en su trayecto por el mediastino superior a los lados de la tráquea. Algunos ramos cervicales inferiores o torácicos se originan de los nervios laríngeos recurrentes.

Los **ramos del cuerpo carotídeo**, muy finos y variables en número, se originan en el cuello, se anastomosan con el nervio del seno carotídeo, rama del glosofaríngeo, y llegan a inervar el cuerpo carótideo.

Los **ramos broncopulmonares** (Figs. 18-31) se desprenden a nivel de la bifurcación de la tráquea. Forman el **plexo pulmonar**, junto con fibras simpáticas, alrededor de los pedículos pulmonares, preferentemente por detrás de los bronquios. Inervan los bronquios, los pulmones y la pleura visceral.

Del tronco vagal o de los plexos pulmonares salen **ramos traqueales**, **esofágicos** y **pericárdicos**.

Los *nervios laríngeos* son el nervio laríngeo superior y el nervio laríngeo recurrente. El superior es, fundamentalmente, sensitivo, e inerva la mucosa laríngea y el músculo cricotiroideo. El recurrente es el nervio motor de los restantes músculos laríngeos.

El **nervio laríngeo superior** (Fig. 18-31) se origina en el ganglio plexiforme y se dirige hacia abajo y hacia delante adosado a la pared de la faringe, por dentro de las carótidas. Cerca del asta mayor del hioides se bifurca en un **ramo externo** (*nervio laríngeo externo*) y un **ramo interno** (*nervio laríngeo interno*). El **ramo externo** desciende sobre el constrictor inferior de la faringe, cubierto por el músculo esternotiroideo, perfora la membrana cricotiroidea y penetra bajo la mucosa laríngea. Da un ramo al músculo cricotiroideo y ramos sensitivos para la mucosa infraglótica. El **ramo interno** perfora la membrana tirohiodea en compañía de la arteria laríngea superior, desciende bajo la mucosa del seno piriforme y da ramos sensitivos para la mucosa supraglótica y las fosas glosoepiglóticas.

El **nervio laríngeo recurrente** (*nervio laríngeo inferior*) tiene un origen y un trayecto algo diferentes a derecha e izquierda (Figs. 9-26, 15-51 y 18-31).

El *recurrente derecho* se desprende del vago en la base del cuello, a nivel de la arteria subclavia. Contornea esta arteria por debajo formando un asa en contacto con la cúpula pleural y se hace ascendente, buscando, entre la carótida común por delante y la vertebral por detrás, el surco traqueoesofágico.

El *recurrente izquierdo* se origina a partir del vago a nivel del arco de la aorta. Lo contornea por debajo y por dentro, inmediatamente por detrás del ligamento arterioso, y se hace ascendente, buscando, igual que el derecho, el surco traqueoesofágico. Tiene, pues, un trayecto intratorácico inicial.

Ambos recurrentes ascienden por los surcos traqueoesofágicos, rodeados por los ganglios linfáticos traqueobronquiales superiores. En el cuello están en relación con la cara posterior de los lóbulos tiroideos y las paratiroides. La arteria tiroidea inferior se encuentra junto al nervio. Bajo el constrictor inferior penetra en la laringe, entre el cricoides y el tiroides, ascendiendo bajo la mucosa. Inerva todos los músculos de la laringe, excepto el cricotiroideo.

Los nervios laríngeos se anastomosan bajo la mucosa normal del seno piriforme mediante el **ramo comunicante** con el **nervio laríngeo inferior**.

Sistematización fibrilar (Fig. 18-32)

El vago está constituido por fibras estriomotoras, vegetativas parasimpáticas y sensitivas.

Componente motor

Las *fibras estriomotoras* tienen su origen real en el **núcleo ambiguo**. Los axones se dirigen hacia fuera por delante del núcleo espinal del trigémino y salen por el origen aparente del nervio formando dos grupos fibrilares: fibras superiores o vagales propiamente dichas y fibras inferiores, o fibras desplazadas caudalmente. Ambos componentes se fusionan a nivel del ganglio plexiforme. Están destinadas a inervar los músculos de la laringe, los constrictores de la faringe, los del velo del paladar (excepto el tensor del velo del paladar) y la musculatura estriada de la porción superior del esófago.

Componente vegetativo

Las fibras vegetativas son *parasimpáticas preganglionares*. Constituyen un componente fundamental del nervio, pues son la fuente de la inervación visceral parasimpática de gran parte de los órganos del cuerpo. Se originan en el **núcleo dorsal del vago**.

Este núcleo es una población neuronal alargada situado en la placa ventricular del bulbo raquídeo, por fuera del núcleo del hipogloso y por detrás del núcleo solitario. Corresponde al trígono del nervio vago del suelo del IV ventrículo. El destino de estas fibras preganglionares es la musculatura lisa y las microglándulas de los aparatos digestivo (hasta el ángulo esplénico del colon) y respiratorio, así como el corazón, el cuerpo carotídeo y los cuerpos aorticopulmonares. Esta inervación se realiza a través de **microganglios** situados en las paredes de las propias vísceras (segunda neurona parasimpática), de los cuales, finalmente, parten cortas *fibras posganglionares* para las estructuras de destino. (Para más detalles, véase Inervación de los órganos respectivos y Sistema nervioso vegetativo.)

Hay pruebas de que parte de las fibras parasimpáticas para el corazón tienen su origen real en neuronas preganglionares ubicadas en el núcleo ambiguo.

La excitabilidad de estas fibras provoca broncoconstricción, lentificación del ritmo cardíaco y aumento de la motilidad y secreción del tubo digestivo.

Componente sensitivo

Las fibras sensitivas tienen su origen real en las neuronas monopolares de los **ganglios superior** y **plexiforme** del vago. Recogen distintos tipos de sensibilidad: cutánea, de la duramadre, mucosa, visceral, gustativa y especial.

La *sensibilidad cutánea* y de la *duramadre* es dependiente del ganglio superior. Las **prolongaciones periféricas** de estas neuronas discurren por el ramo meníngeo y el ramo auricular y recogen la sensibilidad dolorosa de la duramadre de parte de la fosa craneal posterior y la sensibilidad cutánea de la concha y el conducto auditivo externo (territorio compartido con el facial). Las **prolongacio-**

nes centrales penetran con el tronco vagal y terminan en el **núcleo espinal del trigémino**.

El resto de la sensibilidad es dependiente del ganglio plexiforme. Las **prolongaciones periféricas** recogen la *sensibilidad de las mucosas* de la laringofaringe y la laringe, la *sensibilidad visceral* del árbol traqueobronquial y del aparato digestivo hasta el ángulo esplénico del colon, la *sensibilidad de papilas gustativas* situadas en la epiglotis y en las fosas glosoepiglóticas, y la *sensibilidad de los barorreceptores del cayado de la aorta*.

Las **prolongaciones centrales** penetran con el tronco vagal y terminan en el **núcleo solitario**: las gustativas en la parte rostral del núcleo y el resto en la parte caudal del mismo. Las fibras de los barorreceptores aórticos terminan, también, de forma no muy bien definida, sobre la formación reticular.

Todas las fibras intracentrales que llegan al núcleo solitario forman parte del **tracto solitario.**

El vago contiene fibras que recogen la *sensibilidad propioceptiva* de los músculos de la laringe y de la faringe. Su lugar de terminación no es bien conocido.

Las fibras aferentes son importantes para regular las funciones respiratoria, cardiovascular y digestiva.

Lesiones

El vago se afecta, generalmente, junto con los nervios glosofaríngeo y accesorio a nivel del agujero yugular o en la fosa craneal posterior. Tumores y fracturas de la base del cráneo son la causa principal. El **síndrome del agujero yugular** se caracteriza por hemianestesia faringolaríngea, hemiparálisis de los músculos de la faringe, velo del paladar y laringe, y pérdida de la sensibilidad gustativa en la mitad afectada de la base de la lengua. El paciente tiene afonía o disfonía (lesión laríngea) y disfagia (lesión faríngea y del paladar). En la observación se encuentra una desviación de la cuerda vocal y del velo del paladar del lado afectado.

Si el nervio accesorio está afectado, aparece parálisis del trapecio y del esternocleidomastoideo.

Las lesiones específicas de los nervios recurrentes han sido comentadas con la laringe.

NERVIO ACCESORIO O ESPINAL

El **nervio accesorio** o **espinal, XI par craneal**, es un nervio controvertido. Se acepta, por convención, que el nervio accesorio se origina por una raíz **craneal** y otra **espinal**, las cuales convergen para formar un tronco nervioso, el cual, a poco de formarse, se divide en una rama interna que se incorpora íntegramente al vago y una rama externa. La rama interna contiene las fibras de la raíz bulbar y la rama externa, las de la raíz medular.

Este concepto del nervio accesorio no debe seguir manteniéndose, y en este sentido se pronuncian numerosos autores. La denominada raíz craneal está formada, en realidad, por *fibras vagales desplazadas caudalmente*, originadas en el mismo núcleo motor que éste (núcleo ambiguo), que se unen transitoriamente con la raíz espinal para salir del cráneo y que inmediatamente se independizan para volver a incorporarse al nervio vago, del que forman parte. De este modo, el nervio accesorio se forma exclusivamente a expensas de la raíz espinal (como lo consideraba primitivamente Willis, de ahí su nombre de espinal), y la raíz craneal debe considerarse como parte de las fibras de origen del nervio vago (como se ha descrito con este nervio).

Su carácter de nervio craneal radica en dos hechos: en primer lugar, las neuronas motoras que lo constituyen se originan de la misma columna neuronal embrionaria que las del glosofaríngeo y vago, pero se desplazan caudalmente hacia la médula cervical, y, en segundo lugar, porque entra y sale del cráneo por orificios de la base.

Describimos, pues, el nervio accesorio como un nervio motor destinado a inervar el esternocleidomastoideo y el trapecio.

Origen aparente (Figs. 18-1; 18-32)

El nervio emerge por varias raicillas del cordón lateral de la médula espinal en una altura que se extiende desde el bulbo raquídeo hasta la raíz posterior del quinto nervio cervical. Estas fibras constituyen la denominada **raíz espinal**. Se disponen por detrás del ligamento dentado y por delante de las raíces posteriores de los nervios cervicales. Las raíces se unen en un tronco paralelo a la médula espinal.

Trayecto y terminación (Figs. 18-32 y 18-33)

El nervio accesorio asciende por el espacio subaracnoideo del *conducto vertebral*, pasa por detrás de la arteria vertebral y penetra en la *fosa craneal posterior* por el agujero magno. En esta fosa se sitúa por detrás del hipogloso y por debajo del vago, y recibe la *anastomosis de las fibras más caudales de este último* (**raíz craneal**). Sale del cráneo por el *agujero yugular*, envuelto en la misma vaina subaracnoidea que el vago, perfora la duramadre y aparece en el *espacio retroestiloideo*.

En la parte alta de esta región, bajo el agujero yugular, se desprende del nervio espinal la anastomosis recibida del vago, la cual, con el nombre de **ramo interno** del espinal, se fusiona al ganglio plexiforme del vago. Tras desprenderse de esta anastomosis vagal, el nervio (**ramo externo** de la concepción clásica) (Fig. 18-33) se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia fuera a buscar la pared externa del espacio retroestiloideo, pasando por delante o por detrás de la vena yugular interna. Por detrás del vientre posterior del digástrico, a unos tres centímetros por debajo de

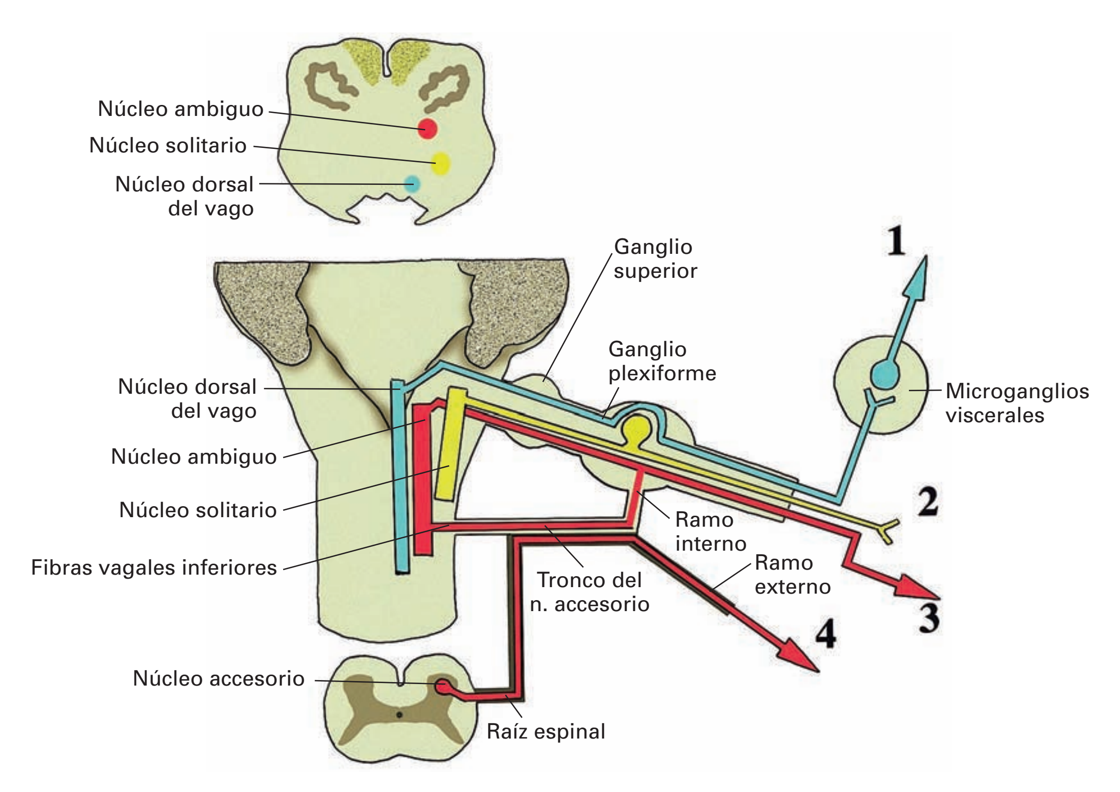


Figura 18-32. Origen real y sistematización de los nervios vago y accesorio.
Nervio vago. Territorio de inervación vegetativa parasimpática (azul): musculatura lisa y microglándulas de los aparatos digestivo y respiratorio; corazón, cuerpo carotídeo y cuerpos aorticopulmonares (1). Territorio de inervación sensitiva (amarillo): piel de la concha y conducto auditivo externo, duramadre de la fosa craneal posterior, mucosas de la laringofaringe y de la laringe, árbol traqueobronquial, tubo digestivo, papilas gustativas de la epiglotis y barorreceptores del cayado de la aorta (2). Territorio de inervación motora (rojo): músculos de la laringe, constrictores de la faringe, músculos del velo del paladar (excepto el tensor del velo del paladar) y porción superior del esófago (3).
Nervio accesorio. El trayecto del nervio ha sido señalado en negro para diferenciarlo del trayecto del vago. Territorio de inervación motora (rojo): músculos trapecio y esternocleidomastoideo (4).

la mastoides, alcanza el músculo esternocleidomastoideo, lo inerva y lo perfora, apareciendo en la parte alta del *triángulo cervical lateral*. Por esta región continúa su trayecto hacia abajo y hacia atrás y se hunde bajo el músculo trapecio, inervándolo. Se encuentra empotrado en tejido celuloadiposo y rodeado de los ganglios linfáticos de la cadena espinal. La parte inferior del trapecio recibe también fibras motoras del plexo cervical.

Anastomosis

En el triángulo posterior del cuello recibe varias anastomosis del plexo cervical; tienen carácter sensitivo y constituyen uno de los caminos por los que el plexo cervical recoge la sensibilidad propioceptiva de los músculos inervados por el accesorio. La otra vía son ramas directas del plexo para el trapecio y el esternocleidomastoideo.

Sistematización fibrilar (Fig. 18-32)

El nervio accesorio es un nervio motor puro. Sus *fibras estriomotoras* están destinadas al trapecio y al esternocleidomastoideo. Tienen su origen real en las motoneuronas del **núcleo accesorio**, el cual se encuentra localizado en una columna de la parte lateral del asta anterior de la médula espinal desde los segmentos C1 a C5. Los axones atraviesan el cordón lateral de la médula y emergen por el origen aparente del nervio (**raíz espinal**).

Lesiones

El nervio puede ser dañado en el triángulo posterior del cuello por heridas o durante la práctica de una limpieza de ganglios linfáticos cervicales tras la extirpación de un tumor.

El paciente muestra un hombro caído con la escápula basculada internamente. La cabeza está inclinada hacia el lado sano y rotada hacia el afectado.

El paciente tiene gran dificultad para elevar el hombro (si se hace resistencia con la mano) y para separar el brazo a partir de la horizontal; igualmente, muestra debilidad cuando se le pide que gire la cabeza hacia el lado sano.

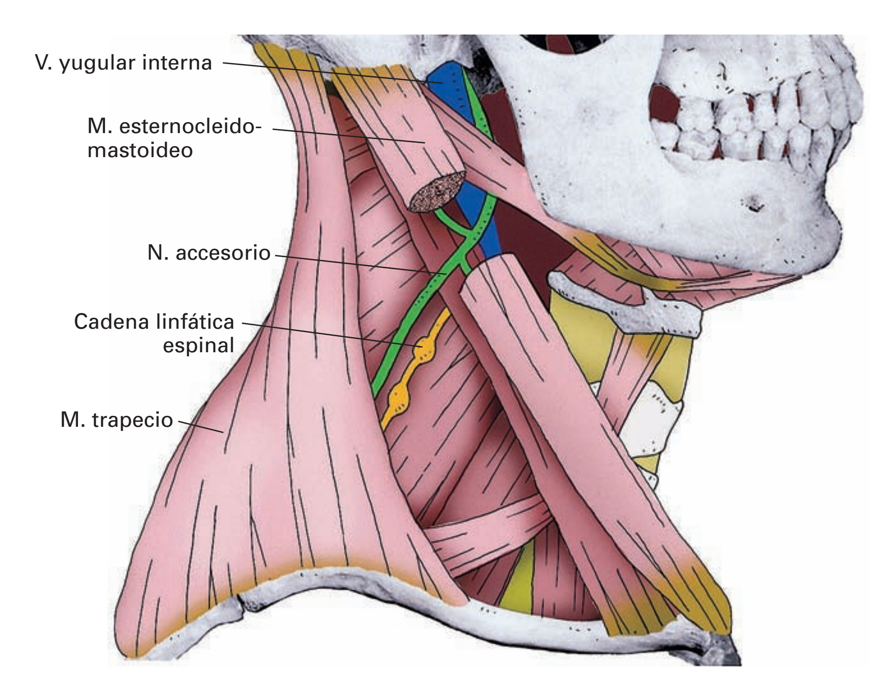


Figura 18-33. Trayecto del nervio accesorio en el triángulo lateral del cuello.

NERVIO HIPOGLOSO

El **nervio hipogloso**, **XII par craneal**, es un nervio motor destinado a inervar la musculatura de la lengua.

Origen aparente (Fig. 18-1)

Sale del bulbo raquídeo por el surco anterolateral (*surco preolivar*) mediante diez a doce raicillas que convergen pronto sobre un tronco único.

Trayecto (Figs. 17-5; 18-34)

El nervio se dirige hacia fuera en el espacio subaracnoideo, por detrás de la arteria vertebral, y busca el *conducto del hipogloso* para salir del cráneo hacia el espacio retroestiloideo.

En ocasiones, las raíces del nervio forman dos troncos que se acaban fusionando en el interior del canal del hipogloso.

En el *espacio retroestiloideo* es el elemento más posteromedial; se sitúa por detrás de la carótida interna y el ganglio plexiforme del vago, al que se adhiere y contornea abrazándolo por fuera; luego, el nervio se dirige hacia abajo y hacia delante dibujando un asa de concavidad superior, y se insinúa entre la yugular interna por fuera y la carótida interna por dentro, medialmente al vientre posterior del digástrico.

Bajo el digástrico, penetra en la *región de la bifurcación carotídea*, dirigiéndose hacia delante por fuera de la carótida externa, a la que cruza a uno o dos centímetros por encima de la bifurcación, a nivel del origen de las arterias occipital, lingual y facial. Así, el hipogloso cruza por fuera a las dos carótidas, la interna primero y la externa después.

Alcanza la *región del triángulo submandibular*, pasando por dentro de la glándula submandibular, por fuera del músculo hiogloso y por encima del hioides. La vena lingual acompaña al nervio en posición inferior, y la arteria lingual subyace por dentro del músculo hiogloso. Finalmente, penetra en la *región sublingual* por el hiato entre el hiogloso y el borde posterior del milohioideo, y emite sus ramas terminales; en este último trayecto está acompañado por el conducto sublingual. El nervio lingual se sitúa por encima, a nivel del surco alveololingual.

Distribución

El hipogloso termina dando los **ramos linguales**, que se distribuyen por todos los músculos de la lengua con excepción del palatogloso, el cual está inervado por el vago.

Las denominadas ramas colaterales del hipogloso: el ramo meníngeo, los nervios del tirohioideo y geniohioideo, y el ramo descendente del hipogloso (raíz interna del plexo cervical), que se desprende del nervio cuando cruza la carótida externa, no pertenecen al sistema del hipogloso. Son ramos del plexo cervical que se incorporan duran-

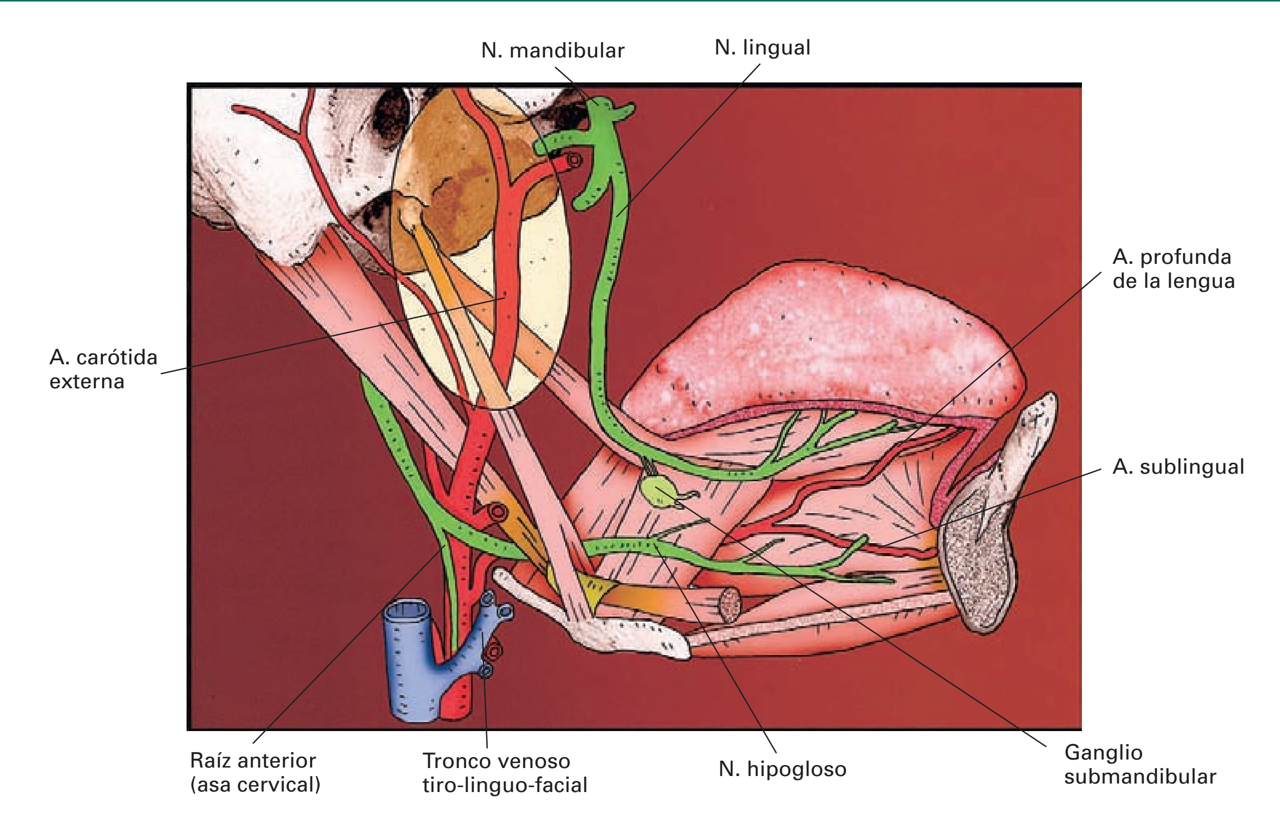


Figura 18-34. Representación esquemática del trayecto de los nervios hipogloso y lingual.

te parte de su trayecto al XII par para alcanzar su destino (véase Plexo cervical).

Anastomosis

Además de las mencionadas con el plexo cervical, el hipogloso se anastomosa con el ganglio plexiforme del vago y con el plexo faríngeo.

Sistematización fibrilar (Fig. 18-35)

El nervio hipogloso es un nervio motor puro y, como tal, lleva *fibras estriomotores* a la musculatura lingual; sin embargo, en parte de su trayecto lleva fibras aferentes de la sensibilidad propioceptiva procedente de los husos neuromusculares de la lengua.

Las fibras estriomotoras tienen su origen real en el **núcleo del nervio hipogloso**. Consiste en una voluminosa masa neuronal en forma de bastoncillo que ocupa toda la altura del bulbo raquídeo. En los dos tercios superiores del bulbo se ubica en la placa ventricular junto a la línea media; forma el relieve denominado **trígono del hipogloso** en el suelo de la fosa romboidea. En el tercio inferior del bulbo se dispone por delante de la sustancia gris central y por detrás de las decusaciones motora y sensitiva.

Los axones se dirigen hacia delante, próximas al rafe medio, y, pasando entre la oliva inferior y las pirámides bulbares, escapan por el origen aparente.

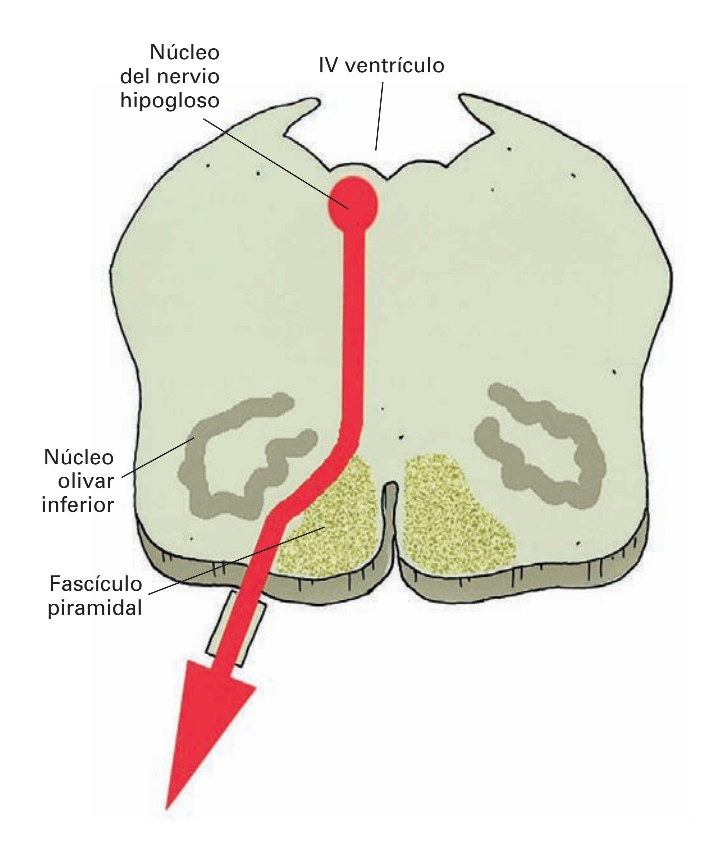


Figura 18-35. Origen real y sistematización fibrilar del nervio hipogloso en una sección transversal del bulbo raquídeo. Territorio de inervación motora (rojo): músculos de la lengua.

La cuestión de las fibras de la sensibilidad propioceptiva de la lengua

Algunas observaciones y la experimentación en animales indican que el trayecto final del hipogloso lleva fibras de los husos neuromusculares de la lengua. Estas fibras no pertenecen al sistema del hipogloso, sino que son prestadas por el nervio vago y los nervios cervicales segundo y tercero. Hay fibras propioceptivas originadas en las neuronas unipolares del ganglio plexiforme del vago, cuyas prolongaciones periféricas se incorporan al hipogloso mediante una pequeña anastomosis en el espacio retroestiloideo. Otras fibras aferentes se sitúan en los ganglios espinales segundo y tercero; las prolongaciones periféricas de las neuronas sensitivas se incorporan al hipogloso mediante el asa cervical.

Lesiones

La lesión del nervio o su núcleo motor produce una parálisis de los músculos de la lengua del lado afectado. Debido al predominio de los músculos sanos contralaterales, si se pide al paciente que saque la lengua, ésta se desvía hacia el lado enfermo. Se dice en clínica que «el paciente señala con la punta de la lengua el nervio paralizado» Eventualmente, se puede observar atrofia de la mitad de la lengua.

CAPÍTULO 19

Sistema nervioso vegetativo

ORGANIZACIÓN GENERAL

Concepto

El sistema nervioso vegetativo está formado por los elementos nerviosos que se distribuyen por los vasos y vísceras del organismo regulando su actividad. Desde el punto de vista funcional, el sistema vegetativo interviene en el control de aspectos tan importantes como la presión arterial, la sudación, la temperatura corporal, la motilidad y secreción de los órganos digestivos, diversos aspectos de la función sexual o el vaciamiento de la vejiga urinaria. Además, en algunos órganos, el sistema vegetativo desempeña un importante papel trófico regulando el crecimiento y la maduración de sus tejidos.

El sistema vegetativo está sometido al control de diversas regiones del sistema nervioso central, tales como el hipotálamo, el cerebro límbico, o algunos núcleos troncoencefálicos. Estas regiones pueden ser descritas como centros superiores de control de las funciones vegetativas, pero, como es natural, están integradas anatómica y funcionalmente con el resto del sistema nervioso central.

Numerosos datos indican la existencia de un componente nervioso local en muchos órganos, que desempeña funciones de regulación nerviosa con un grado considerable de autonomía. Este componente vegetativo ha sido claramente puesto de manifiesto en las paredes del tubo digestivo y se le ha denominado **sistema nervioso entérico**.

En esta obra describiremos el sistema nervioso vegetativo que regula de forma general todo el organismo, y en un capítulo adicional describiremos las características anatómicas y funcionales conocidas del sistema nervio entérico.

A lo largo de la historia se ha empleado una terminología muy diversa para denominar al sistema nervioso vegetativo. Así, se le ha denominado **sistema nervioso autónomo**[1], por su supuesta independencia del sistema nervioso central o, también, sistema nervioso involuntario, por no estar bajo el control de la voluntad. Otros términos no consagrados por el uso son el de gran simpático de Winslow (por su relación con las emociones) o el de sistema nervioso ganglionar (por estar interrumpido por ganglios).

Estructura funcional

Se pueden distinguir en el sistema nervioso vegetativo tres diferentes componentes funcionales. Por un lado, contiene fibras eferentes (**componente eferente**) que se distribuyen por las vísceras, vasos sanguíneos y glándulas de todo el organismo. Por otro, contiene fibras aferentes (**componente aferente**) que transportan la información desde las vísceras hasta los órganos centrales del sistema nervioso. Finalmente, se puede hablar de un **componente trófico**, cuya función es regular el estado funcional y el crecimiento de los órganos. Este componente del sistema

[1] La nómina anatómica ha elegido el nombre de sistema nervioso autónomo. No obstante, en esta obra hemos preferido utilizar el de sistema vegetativo por ser un término que define mejor sus propiedades.

vegetativo es mucho más desconocido que los anteriores y, como veremos, funciona de forma similar al sistema endocrino.

Componente eferente del sistema nervioso vegetativo: simpático y parasimpático

La característica anatómica más específica del componente eferente del sistema vegetativo, que le diferencia del sistema de la vida de relación, es que consta de dos neuronas (Fig. 19-1). La primera neurona, denominada **neurona preganglionar**, se sitúa en los núcleos vegetativos del tronco del encéfalo o en el asta intermediolateral de la médula. Esta primera neurona, en lugar de dirigirse directamente a los órganos diana, como ocurre con las motoneuronas del sistema nervioso de la vida de relación, termina contactando con una segunda neurona que asienta en los ganglios vegetativos. Esta segunda neurona, denominada **neurona posganglionar**, es la que emite el axón que va a alcanzar las estructuras diana.

Desde el punto de vista anatómico y funcional, el componente eferente del sistema vegetativo se divide en dos partes, el **simpático** y el **parasimpático**. El sistema simpático causa modificaciones en el organismo para adaptarlo a situaciones de defensa, lucha o huida. La respuesta simpática afecta generalmente a la totalidad del organismo, y se producen modificaciones como aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, dilatación pupilar, aumento del suministro de sangre al corazón y a algunos músculos voluntarios, sudoración, etc. Por el contrario, el sistema parasimpático tiene un efecto localizado y produce respuestas opuestas a las del simpático, tales como disminución de la frecuencia cardíaca, incremento de la motilidad y de la secreción gastrointestinal, y contracción pupilar, que están relacionadas con el mantenimiento, la recuperación y el reposo del propio organismo.

Un aspecto interesante de las respuestas vegetativas es su rapidez. La frecuencia cardíaca, la sudación o la tensión arterial tras un estímulo emocional pueden incrementarse en pocos segundos.

Detector de mentiras

La rapidez de la respuesta vegetativa y la imposibilidad de modificarla de forma voluntaria se emplea como base del detector de mentiras. El sujeto que es interrogado no puede evitar poner de manifiesto sus emociones ante preguntas que de alguna manera le comprometen.

Características morfofuncionales del simpático y del parasimpático (Fig. 19-2)

1. Las *neuronas preganglionares* del simpático se sitúan en el asta lateral de la médula espinal, formando la **columna intermediolateral** o **autonómica**, que se extiende entre el último segmento cervical (C8) y el segundo o tercero lumbar (L2, o L3).

Las *neuronas preganglionares* del parasimpático se disponen por encima y por debajo de columna simpática (*parasimpático: a ambos lados del simpático*). El segmento

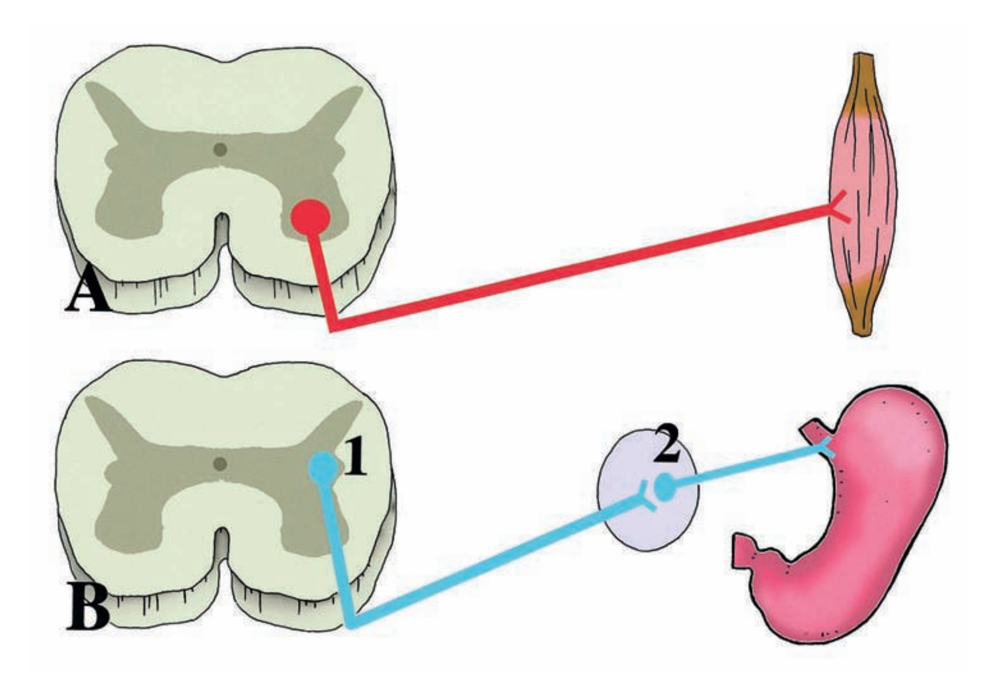


Figura 19-1. Esquema para mostrar la diferencia de organización entre los componentes eferentes del sistema nervioso de relación (A) y del sistema nervioso vegetativo (B). 1) Neurona preganglionar. 2) Neurona posganglionar.

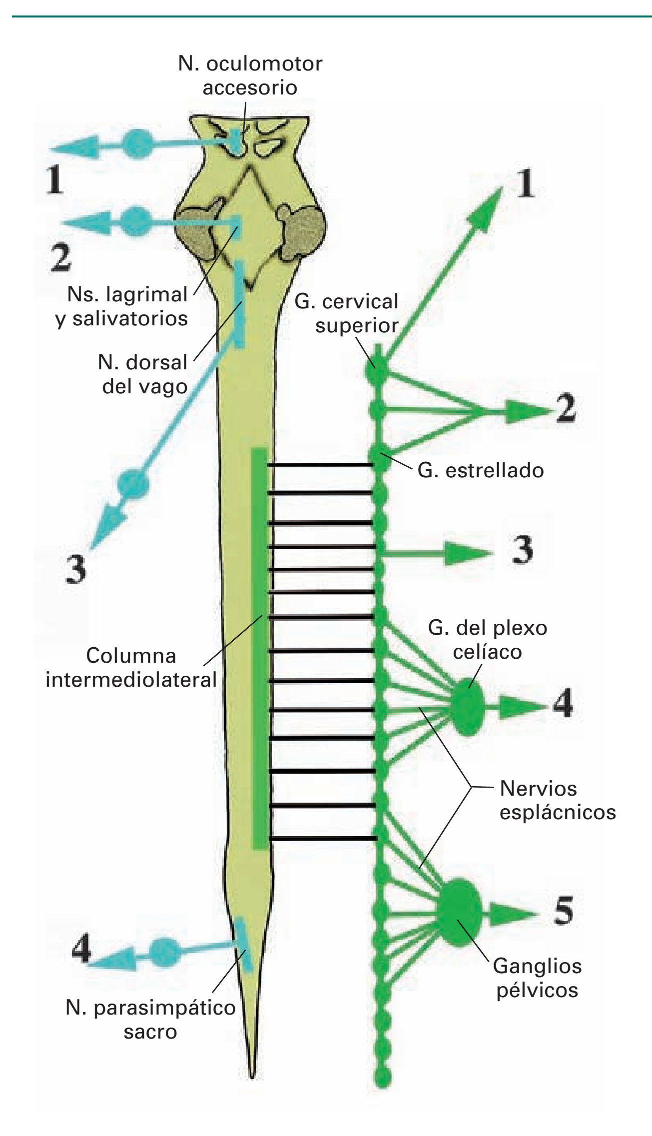


Figura 19-2. Organización general del sistema nervioso vegetativo. Componente simpático (verde); componente parasimpático (azul).

Sistema nervioso parasimpático. 1) Territorio dependiente del núcleo oculomotor accesorio (globo ocular). 2) Territorio dependiente de los núcleos lagrimal y salivatorios (glándulas lagrimal y salivares). 3) Territorio dependiente del núcleo dorsal del vago (tubo digestivo, aparato respiratorio, corazón). 4) Territorio dependiente del parasimpático sacro (mitad izquierda del colon, recto, vejiga, genitales).

Sistema nervioso simpático. 1) Ojo y vasos cefálicos. 2) Corazón, laringe, tráquea, pulmones. 3) Bronquios y pulmones. 4) Estómago, intestino, intestino grueso (dos tercios proximales), hígado, vías biliares, páncreas, riñones, glándulas suprarrenales. 5) Recto, vejiga, genitales.

superior (*parasimpático craneal*) forma una serie de núcleos a nivel del tronco del encéfalo que se asocian a los núcleos de origen de los nervios: oculomotor (**núcleo oculomotor accesorio**), facial (**núcleos lagrimal** y **salivatorio superior**), glosofaríngeo (**núcleo salivatorio inferior**), y vago (**núcleo dorsal del vago**). El segmento inferior, **núcleo parasimpático sacro**, se dispone en la región intermediolateral de los segmentos medulares sacros, comprendido entre el segundo y el cuarto (S2-S4).

2. Disposición y estructura de los ganglios simpáticos y parasimpáticos.

Los ganglios vegetativos son estructuras muy complejas que contienen no solamente terminaciones de fibras preganglionares y neuronas posganglionares, sino además interneuronas capaces de establecer circuitos de control dentro del ganglio. Estas características se analizarán a propósito del sistema nervioso entérico.

Desde el punto de vista de su disposición y estructuración anatómica, existen las siguientes diferencias entre los ganglios simpáticos y parasimpáticos:

a) Los ganglios simpáticos se disponen en general alejados de las vísceras que van a ser inervadas. Estos ganglios se agrupan formando los siguientes complejos ganglionares:

— *Cadena laterovertebral*; se dispone a todo lo largo de la columna vertebral, a los lados de los cuerpos vertebrales y uniéndose entre sí por un cordón interganglionar.

— *Ganglios prevertebrales*; son ganglios que se asocian al origen de las ramas viscerales de la aorta abdominal y a la arteria ilíaca interna. Se conectan con algunos ganglios laterovertebrales mediante troncos nerviosos denominados **nervios esplácnicos**, por los que les llegan las fibras preganglionares.

— *Ganglios intraneurales* (**ganglios intermedios**); son asiento de neuronas posganglionares que carecen de un patrón de distribución constante. Se pueden localizar en cualquier punto del recorrido de los elementos nerviosos del simpático. La razón de esta distribución «caprichosa» es que corresponden a neuronas que en el curso del desarrollo, en lugar de migrar hasta su destino ganglionar pre- o laterovertebral, han sufrido una emigración escasa o excesiva.

A diferencia del simpático, en el parasimpático los ganglios están próximos o, en la mayor parte de los casos, en el espesor de las vísceras que van a ser inervadas.

b) El número de neuronas posganglionares presentes en el ganglio simpático es mucho mayor que el número de fibras preganglionares (en algunos casos la relación es 1/20), lo que motiva que el estímulo sufra una gran dispersión. Este efecto de dispersión se potencia, además, por el hecho de que la médula de la glándula suprarrenal se comporta como un elemento glandular asociado al simpático, que se inerva por fibras preganglionares y que, al estimularse, libera adrenalina a la sangre, contribuyendo a que los estímulos simpáticos afecten de forma global a todo el organismo.

En los ganglios parasimpáticos, la proporción entre fibras preganglionares y neuronas posganglionares es mucho más reducida (una relación habitual es 1/2), lo que determina que las respuestas parasimpáticas sean muy localizadas y afecten a órganos concretos.

3. Los axones de las neuronas preganglionares (**fibras preganglionares**) alcanzan los ganglios vegetativos de manera diferente.

En el *simpático* (Fig. 19-3), las fibras preganglionares salen de la médula incorporadas a la raíz anterior de los nervios espinales de T1 a L2. Una vez fuera del conducto vertebral, las fibras se independizan del nervio espinal formando **los ramos comunicantes blancos** (así denominados por su coloración debida a la mielinización de estos axones), que terminan en los ganglios simpáticos laterovertebrales vecinos. En estos ganglios, las fibras hacen sinapsis con las neuronas posganglionares, o bien se incorporan a otros nervios simpáticos que emergen de los ganglios (cordón interganglionar y nervios esplácnicos) para alcanzar los ganglios simpáticos que se encuentran alejados de estos nervios espinales (T1 a L2).

En el *parasimpático*, las fibras preganglionares no se incorporan a ramos comunicantes blancos, sino que discurren con los nervios craneales o espinales hasta alcanzar el ganglio parasimpático correspondiente.

4. El trayecto y la distribución de las **fibras posganglionares** difiere en ambos sistemas.

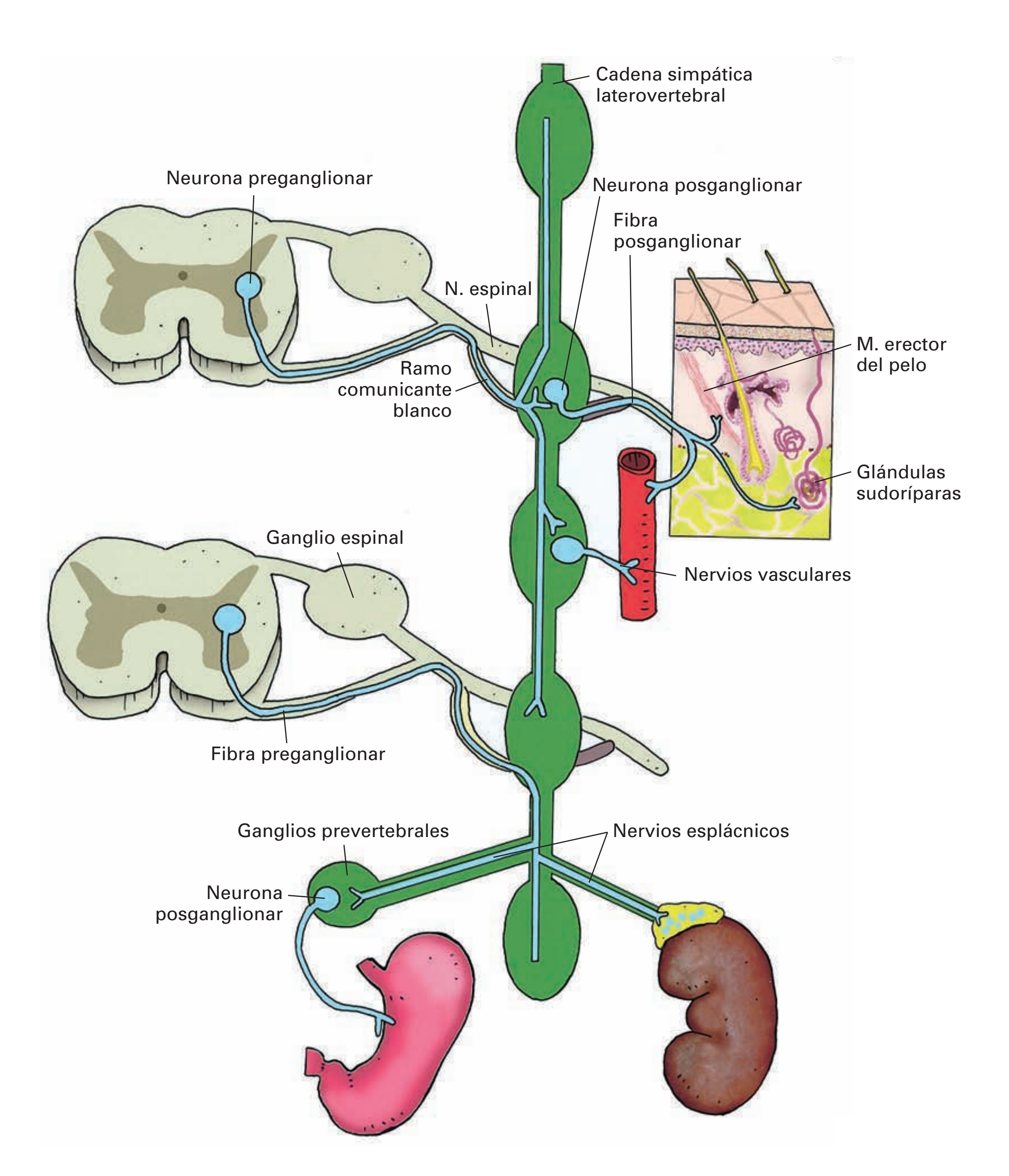


Figura 19-3. Esquema del trayecto y distribución general de las fibras nerviosas simpáticas preganglionares y postganglionares.

En el *sistema simpático*, las fibras posganglionares se distribuyen de forma diferente según cuál sea su destino. Se pueden distinguir los siguientes grupos de fibras (Fig. 19-3):

— *Espinales:* es el caso de las fibras que inervan los vasos, las glándulas sudoríparas y el músculo liso de los pelos (músculos piloerectores) de las extremidades y paredes corporales. Se incorporan desde los ganglios laterovertebrales a los nervios espinales próximos, formando los denominados **ramos comunicantes grises** (así denominados por su coloración debida a la escasa mielinización de estos axones), y una vez alcanzado el nervio discurren con él para llegar a su destino. (Debe tenerse en cuenta que mientras que todos los ganglios laterovertebrales emiten ramos comunicantes grises, sólo los ganglios vecinos a T1-L2 reciben ramos comunicantes blancos.)

— *Viscerales:* se extienden directamente desde los ganglios a las vísceras que inervan.

— *Perivasculares:* discurren desde los ganglios simpáticos hasta su destino formando una malla nerviosa alrededor de las paredes vasculares.

En el *sistema parasimpático*, al estar los ganglios en la proximidad, o en el espesor de las estructuras que van a inervar, el trayecto de las fibras posganglionares es muy pequeño. En ocasiones, solamente son detectables por medios histológicos.

5. Neurotransmisores.

La mayor parte de las acciones del sistema vegetativo depende de la acción de dos neurotransmisores, la *acetilcolina* y la *noradrenalina*. En general, puede decirse que tanto en el sistema simpático como en el parasimpático, el neurotransmisor utilizado por las fibras preganglionares es la acetilcolina **(fibras colinérgicas**). En el caso de las fibras posganglionares, el parasimpático utiliza la acetilcolina; por el contrario, el simpático utiliza la noradrenalina (**fibras adrenérgicas**). Existen dos excepciones a esta regla, las glándulas sudoríparas y los vasos de los músculos esqueléticos. En el caso de las glándulas sudoríparas, las fibras posganglionares simpáticas utilizan la acetilcolina. En los vasos de los músculos esqueléticos, el sistema simpático emplea ambos neurotransmisores, causando vasodilatación cuando emplea fibras colinérgicas y vasoconstricción cuando actúan las fibras adrenérgicas.

Desde el punto de vista funcional, hay que tener en cuenta que la acción de los neurotransmisores es dependiente de su interacción con **receptores** específicos situados en la membrana de las células receptoras del estímulo. En este sentido es importante señalar que existen dos tipos de receptores adrenérgicos, los α y los β, cuya estimulación origina respuestas diferentes.

También existen dos tipos de receptores para la acetilcolina, los receptores *muscarínicos* y los *nicotínicos*. Los receptores muscarínicos se encuentran en todos los órganos efectores inervados por fibras colinérgicas, sean éstas del simpático o del parasimpático. Los receptores nicotínicos son los responsables de la neutransmision a nivel de los ganglios, tanto simpáticos como parasimpáticos. La existencia de estos dos tipos de receptores tiene interés en medicina, ya que se pueden administrar fármacos que estimulen o bloqueen específicamente cada tipo de receptor.

Numerosos estudios, desarrollados en los últimos decenios, indican que el sistema vegetativo utiliza, además de noradrenalina y acetilcolina, una gran variedad de neurotransmisores de composición química diferente.

Entre los neurotransmisores descritos se encuentran:

— *Neuropéptidos* (**fibras peptidérgicas**), tales como el *VIP* (*péptido vasoactivo intestinal*), la *sustancia P* o algunos *péptidos opiáceos*.

— *Monoaminas* (**fibras monoaminérgicas**); los miembros más característicos de este grupo son la adrenalina y la noradrenalina, que ya se han mencionado, pero existen otros miembros de este grupo como la *histamina* y la *serotonina* que también parecen utilizarse en algunas terminaciones vegetativas.

— *Gases*; uno de los avances más recientes en los estudios sobre la función del sistema vegetativo es el descubrimiento de que algunos gases actúan como verdaderos neurotransmisores. El *óxido nítrico* (NO, **fibras nitrérgicas**) es totalmente aceptado como un neurotransmisor del sistema vegetativo, con un papel muy importante en la relajación del músculo liso, así como en otras funciones vegetativas. También el monóxido de carbono (CO), parece constituir otro neurotransmisor, principalmente parasimpático, que actúa en conjunción con el NO.

— *Purinas* (**fibras purinérgicas**); el neurotransmisor más característico de estos es el *adenosin 5'-trifosfato* (ATP).

Dado que los estudios sobre la distribución de fibras con neurotrasmisores diferentes se fundamentan en técnicas inmunohistoquímicas, no siempre es fácil aclarar si dichas sustancias son verdaderos neurotransmisores o si constituyen productos de su síntesis o degradación. Por otro lado, hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones una misma fibra puede utilizar más de un neurotransmisor (**cotransmisión**), lo que determina que su función pueda depender de la combinación de neurotransmisores.

En los nervios simpáticos, una combinación frecuente de neurotransmisores es ATP y un neuropéptido. En las fibras parasimpáticas, las combinaciones más frecuentes son acetilcolina y un neuropéptido (generalmente el VIP) o también el ATP o el óxido nítrico.

Otro aspecto importante con respecto a esta amplia variedad de neurotransmisores es que, en muchas ocasiones, actúan como **neuromoduladores**, es decir, no actúan directamente excitando el efector, sino indirectamente modificando la respuesta a los neurotransmisores primarios (p. ej., inhibir la liberación de neurotransmisores, acelerar o retardar su degradación, estimular o inhibir la producción de receptores para neurotransmisores específicos, etc.). Desde el punto de vista funcional, hay que señalar

que los neurotransmisores liberados por estas fibras parecen difundirse por los tejidos causando efectos difusos y de larga duración. Es muy posible que este tipo de neurotransmisores sea el responsable de los efectos tróficos del vegetativo que comentaremos más adelante.

6. Distribución anatómica y función.

El conocimiento de la función del sistema vegetativo deriva principalmente de estudios fisiológicos, farmacológicos y clínicos, basados en la estimulación global o parcial de grandes troncos nerviosos o en el estudio del efecto de su sección quirúrgica o en la administración de fármacos agonistas o antagonistas. Por el contrario, los datos anatómicos sobre el modo de distribuirse las fibras en el espesor de los órganos son escasos debido al pequeño calibre de las fibras y a su complejo trayecto en el espesor de los tejidos. Tampoco es posible, en muchas ocasiones, realizar experimentos que permitan discernir si el efecto del vegetativo sobre una víscera depende de una acción directa sobre su musculatura o glándulas, o si es secundaria a un efecto sobre los vasos de dicha víscera (p. ej., una vasoconstricción puede disminuir la secreción de una glándula o relajar la musculatura).

Por todo lo anterior, las acciones del simpático y del parasimpático se describen a nivel de órgano. Se da el caso de que el vegetativo puede causar efectos en un órgano, a través de los vasos, sin inervar directamente sus estructuras. Hay que tener, en cuenta también, que el sistema vegetativo mantiene una actividad basal (**tono vegetativo**) y, por lo tanto, una respuesta vegetativa puede obedecer a un aumento o a una disminución de la actividad del simpático o del parasimpático. Así, el simpático mantiene constreñidos a la mayor parte de los vasos del organismo a la mitad de su diámetro máximo; aumentando su actividad puede disminuir más su calibre, pero disminuyéndola puede aumentar el calibre vascular. Del mismo modo, el parasimpático mantiene una cierta contracción continua de la musculatura del tubo digestivo (tono), por lo que se puede producir una dilatación grave del estómago o del intestino después de intervenciones quirúrgicas en las que se lesionan los nervios parasimpáticos. Por último, hay que tener en cuenta que en muchos órganos los efectos del simpático y del parasimpático se oponen entre sí (**inervación antagónica**), por lo que los efectos sobre dichos órganos son el resultado del equilibrio que se establece entre la actividad simpática y la parasimpática.

Las acciones del simpático y del parasimpático se resumen en la Tabla 19-1.

7. Efecto de la denervación.

Cuando se secciona un nervio vegetativo eferente, lo que ocurre es que el órgano inervado pierde el tono simpático o parasimpático correspondiente. Por ejemplo, al interrumpir la inervación simpática de los vasos se produce de forma inmediata una vasodilatación. Del mismo modo, al seccionar los nervios parasimpáticos del tubo digestivo, éste se dilata y la secreción glandular disminuye.

La denervación de algunos órganos (p. ej., la pupila o glándulas sudoríparas) causa efectos permanentes. Sin embargo, en otros casos, en el curso del tiempo se produce una recuperación intrínseca de los propios tejidos del órgano que compensa la ausencia de inervación vegetativa. El tiempo requerido para esta compensación es más corto en el simpático que en el parasimpático. Así, por ejemplo, la dilatación que se produce en los vasos de la extremidad superior tras su denervación simpática se recupera en el curso de 1 ó 2 semanas. Sin embargo, la denervación parasimpática del corazón en el perro causa una taquicardia que se mantiene hasta 6 meses después de la sección de los nervios.

En el caso del simpático, una de las causas que explica la rápida recuperación de los órganos tras la denervación es que las células efectoras, en ausencia de inervación aumentan el número de receptores para el neurotransmisor que ha dejado de liberarse. Esto hace a las células más sensibles al estímulo de neurotransmisores llegados por el torrente circulatorio (adrenalina de la suprarrenal). A este fenómeno se le denomina **hipersensiblidad por denervación**.

En el caso del parasimpático, la explicación de que la sección de los nervios vegetativos no conlleve necesariamente una pérdida permanente de la capacidad de control sobre ese órgano, es que los ganglios vegetativos dispuestos en su pared establecen complejos circuitos reflejos de control, que pueden ejecutar importantes funciones en ausencia de inervación preganglionar. Este hecho explica que después de una operación de trasplante (corazón o corazón-pulmón), los órganos implantados mantienen una gran capacidad de regulación funcional sustentada por sus ganglios vegetativos. Lo mismo ocurre en ganglios de vejiga de la orina y en las vías respiratorias, y, por supuesto, en el tubo digestivo, como analizaremos a propósito del sistema entérico.

Componente aferente del sistema nervioso vegetativo

Los troncos nerviosos vegetativos que transportan las fibras eferentes preganglionares y posganglionares hasta las vísceras y vasos sanguíneos también contienen fibras nerviosas que transmiten impulsos en dirección opuesta, desde las vísceras hacia los centros nerviosos. Esta fibras constituyen el componente aferente del sistema vegetativo, el cual posee algunas características funcionales y anatómicas que es necesario tener en cuenta.

Características de la sensibilidad visceral

La información que recogen los nervios viscerales es generalmente imprecisa y mal localizada, por ejemplo, hambre, náuseas, sensación de plenitud de las vísceras huecas,

Tabla 25-1. Acciones del simpático y del parasimpático

Aparato/órgano	Efecto simpático	Efecto parasimpático
Digestivo		
Glándulas	Disminuye la secreción	Estimula la secreción
Músculo liso	Disminuye el tono y el peristaltismo Aumenta el tono en los esfínteres	Aumenta el tono y el peristaltismo
Respiratorio	Broncodilatación	Broncoconstricción
Circulatorio		
Corazón	Aumenta la frecuencia Aumenta la fuerza de contracción	Disminuye la frecuencia Disminuye la fuerza de contracción
Coronarias	Dilatación (por receptores β) Constricción (por receptores α)	Dilatación
Vasos viscerales	Constricción	Sin efecto
Vasos musculares	Constricción (por receptores α) Dilatación (fibras colinérgicas y adrenérgicas/receptores β_2)	Sin efecto
Vasos de la piel	Constricción	Sin efecto
Vasos glandulares	Constricción	Sin efecto
Ojo	Dilatación de la pupila Relajación del músculo ciliar	Constricción de la pupila Contracción del músculo ciliar
Urinario		
Vejiga de la orina	Relajación del músculo detrusor Contracción del músculo trígono	Contracción del músculo detrusor Relajación del músculo trígono
Genital	Eyaculación Contracción de la musculatura de la vagina	Erección
Endocrino	Secreción de adrenalina	Sin efecto
Piel/faneras	Sudoración (fibras colinérgicas) Contracción de los músculos erectores de los pelos	Sudoración en las palmas de las manos

etc. Además, en muchas ocasiones, la información no es consciente, sino que se utiliza para desencadenar respuestas reflejas (un ejemplo extremo de información inconsciente es la recogida por los barorreceptores arteriales que controlan la presión arterial).

Los nervios aferentes vegetativos también pueden transmitir información dolorosa. Es característico de esta información el desencadenarse por el estiramiento excesivo o por la contracción espasmódica de las paredes viscerales, así como por la disminución de la irrigación sanguínea. Por el contrario, en el curso de intervenciones quirúrgicas en las que sólo se emplea anestesia local para la piel, la sección de las paredes viscerales o su quemadura, pueden pasar desapercibidas.

Trayecto de las fibras (Fig. 19-4)

El asiento de los cuerpos neuronales de las fibras de la sensibilidad visceral, al igual que ocurre con la sensibilidad cutánea, son los ganglios espinales y los ganglios sensitivos de los pares craneales. La prolongación central de las neuronas ganglionares alcanza el asta posterior de la médula o los núcleos sensitivos del tronco del encéfalo. Sin embargo, la prolongación periférica de las neuronas ganglionares, a diferencia de las fibras de la sensibilidad cutánea, sigue en un recorrido complejo asociado a los nervios vegetativos. Por ejemplo, la información del corazón tiene que discurrir primero por los nervios cardíacos, después camina por el cordón simpático interganglionar, y finalmente, cuando llega al nivel torácico de la cadena simpática laterovertebral, se incorpora a ramos comunicantes blancos para alcanzar los ganglios espinales torácicos I-V.

Dolor referido

Como sobre un mismo ganglio espinal se proyecta información de la piel de una región del cuerpo y de una víscera relativamente alejada de ésta, con frecuencia el dolor

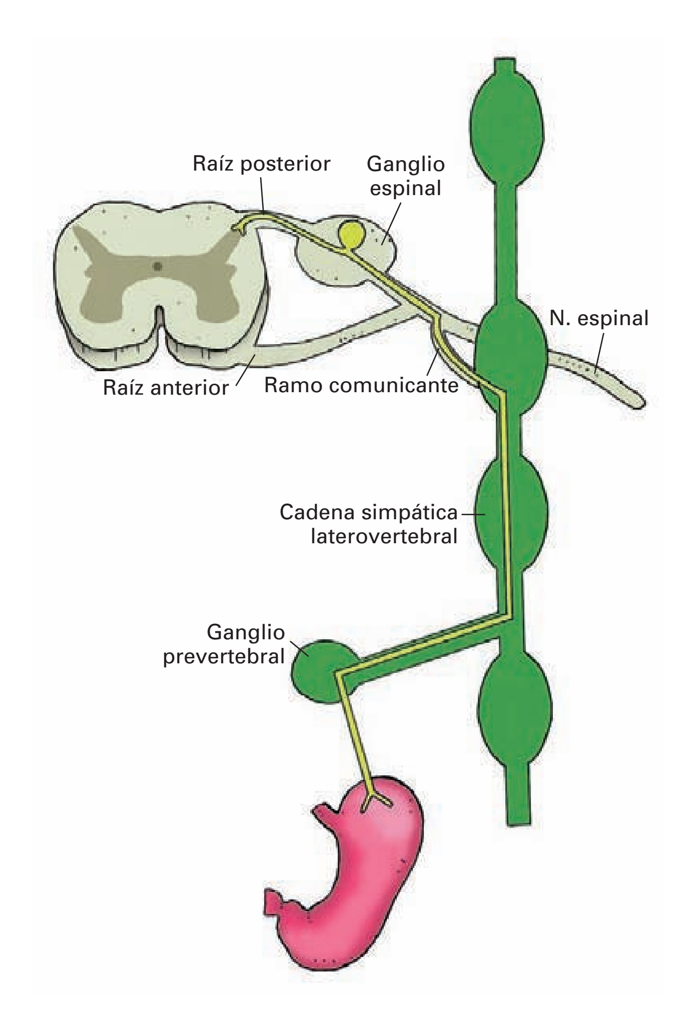


Figura 19-4. Esquema de la disposición general del componente aferente (sensibilidad visceral) del sistema vegetativo.

originado en la víscera se percibe sobre el territorio cutáneo del ganglio. A este fenómeno se le denomina **dolor referido**. El dolor de la angina de pecho, por ejemplo, se tiende a proyectar sobre el hombro y el brazo izquierdos.

La explicación más aceptada para el dolor referido es que, debido a que la información cutánea y visceral del ganglio se proyecta sobre el mismo nivel de la médula espinal, los estímulos dolorosos de la víscera pueden afectar a neuronas del asta posterior que recogen información de la piel, estimulándolas o disminuyendo su umbral de excitación.

La convergencia entre la información visceral y la información cutánea se ha utilizado para aportar una base científica al supuesto efecto sobre vísceras de la acupuntura aplicada en territorios cutáneos.

Componente trófico del sistema nervioso vegetativo

Las terminaciones nerviosas del vegetativo eferente sobre los diferentes órganos desempeñan en algunos casos un importante papel regulador de su crecimiento, metabolismo y diferenciación celular. Estas propiedades tróficas de la inervación no son exclusivas del vegetativo, ya que es bien sabido que los músculos esqueléticos denervados sufren una intensa atrofia. Sin embargo, parece demostrado que en algunos órganos la función principal de las terminaciones vegetativas es la de regular su crecimiento y metabolismo. Por otro lado, las características funcionales de los órganos inervados por el vegetativo confiere a esta propiedad importancia médica. Este interés está reforzado por la utilización de la sección quirúrgica de los nervios vegetativos con objetivos terapéuticos.

Un buen ejemplo de este papel trófico del vegetativo lo constituyen los huesos. El periostio de los huesos es inervado por fibras peptidérgicas simpáticas que utilizan como neurotransmisor el VIP (péptido vasoactivo intestinal). La estimulación de estas fibras induce la reabsorción del hueso evitando que ocurra un crecimiento excesivo. Desde el punto de vista clínico, la importancia de esta inervación se pone de manifiesto por la producción de callos hipertróficos en fracturas óseas que se acompañan de sección de los nervios vegetativos.

Otros sistemas en los que ha sido descrito un efecto trófico del vegetativo son el riñón, la próstata, las vesículas seminales y los órganos linfoides en desarrollo. En algunos de estos modelos las terminaciones adrenérgicas influyen en la replicación y la diferenciación celular, especialmente en el período perinatal.

Finalmente, aunque el tema puede ser de mayor complejidad, también podría considerarse como un efecto trófico la inervación de los órganos linfoides por fibras simpáticas cuyo papel parece ser el de modular la respuesta inmunitaria, utilizando como neurotransmisores catecolaminas y el neuropéptido Y. Este control vegetativo de la respuesta inmunitaria ha sido propuesto para explicar las alteraciones inmunitarias que se observan en situaciones de estrés crónico y en enfermedades depresivas.

Denervación vegetativa

La sección de los nervios vegetativos se emplea en medicina para tratar algunos cuadros patológicos. Cuando el objetivo es impedir la acción de nervios eferentes, la sección quirúrgica se hace a nivel de las fibras preganglionares, ya que la fibras posganglionares tienen gran capacidad de regeneración.

Un ejemplo de este tipo de tratamientos es la denervación vegetativa de los vasos de las extremidades para aliviar enfermedades causadas por espasmos vasculares (enfermedad de Raynaud). También se ha empleado la denervación vegetativa para aliviar dolores viscerales, tales como la angina de pecho, cuando las causas del dolor no pueden ser tratadas por otro procedimiento. La denervación vegetativa también se ha utilizado con el fin de interferir en el efecto trófico de estos nervios; así se ha empleado la simpatectomía para tratar de compensar el crecimiento de una extremidad enferma.

DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO

Tal como hemos visto en los apartados anteriores, el sistema simpático consta de una serie de formaciones ganglionares, donde asientan las neuronas posganglionares, y de nervios que emergen o terminan en los ganglios. Los ganglios simpáticos se encuentran agrupados formando una **cadena laterovertebral** y dos acúmulos o plexos prevertebrales, el **plexo celíaco (***plexo solar***)** y el **plexo hipogástrico inferior**.

Cadena laterovertebral

La cadena laterovertebral se dispone a los lados de los cuerpos vertebrales y se extiende desde el occipital hasta el cóccix. Está formada por una serie de ganglios unidos entre sí por un cordón interganglionar, y en ella se pueden distinguir un segmento cervical, un segmento torácico, un segmento lumbar y un segmento pélvico. A nivel del cóccix, la cadena derecha y la izquierda se unen por un asa nerviosa precoccígea en la que puede asentar un pequeño ganglio (ganglio impar). La formación de estos ganglios durante el desarrollo embrionario tiene un patrón segmentario similar al de la columna vertebral y a los nervios espinales, pero en el curso del desarrollo se producen fusiones de algunos de los esbozos ganglionares, por lo que en el adulto el número de ganglios simpáticos es siempre inferior al número de vértebras y nervios espinales.

Segmento cervical (Fig. 19-5)

Está formado por dos o tres ganglios unidos por el cordón interganglionar, que se denominan ganglios cervical superior, cervical medio y cervicotorácico. Estos ganglios representan la unión de los 7 u 8 existentes en el embrión, por lo que tienen un tamaño mayor que el resto de la cadena laterovertebral. Se sitúan muy profundamente en el cuello, dorsales con respecto al paquete vasculonervioso del cuello y aplicados a la fascia prevertebral, que los separa de las apófisis transversas de las vértebras cervicales y de los músculos prevertebrales.

El **ganglio cervical superior** es muy voluminoso (de 2 a 4 cm de eje longitudinal) y tiene un aspecto fusiforme. Se dispone en el espacio retroestiloideo, donde ocupa la posición más posterior, y se proyecta sobre las apófisis transversas de las vértebras cervicales C2 y C3. Representa la fusión de los 4 primeros ganglios cervicales embrionarios.

El **ganglio cervical medio** (*ganglio tiroideo*) es pequeño e inconstante. Se proyecta sobre la apófisis transversa de C6 y ventralmente se relaciona con la arteria tiroidea inferior. La ausencia de este ganglio se debe a su fusión con el cervical inferior.

El **ganglio cervicotorácico** (**ganglio estrellado)** resulta de la fusión del ganglio cervical inferior y del primer ganglio torácico. Se sitúa en la base del cuello, próximo a la arteria subclavia y a sus ramas. Habitualmente, este ganglio está dividido en dos subunidades, el **ganglio estrellado** y el *ganglio vertebral* (*ganglio intermediario*), que se unen por abundantes filetes nerviosos.

El **ganglio estrellado** se dispone ventral al cuello de la primera costilla y a la apófisis transversa de C7, y dorsal y ligeramente craneal a la cúpula pleural, que lo separa de la arteria subclavia. Algunas de las ramas de la subclavia establecen relaciones de proximidad con el ganglio estrellado. Así, la arteria y la vena vertebral discurren ventrales al ganglio, y el tronco costocervical cruza su cara externa (Fig. 9-45).

El ganglio vertebral, cuando está presente, se sitúa ligeramente medial y craneal al ganglio estrellado asociado a la cara interna de la arteria vertebral. El tamaño de este ganglio es inversamente proporcional al tamaño del ganglio estrellado.

Cordón interganglionar. Los tres ganglios se unen entre sí y al segmento torácico de la cadena laterovertebral por el cordón interganglionar. Este cordón, en la zona próxima al ganglio cervical medio, suele desdoblarse para abrazar la arteria tiroidea inferior. Por debajo del ganglio cervical medio, el cordón interganglionar se divide habitualmente en varios troncos que se dirigen al ganglio estrellado directamente o pasando por el ganglio intermediario. Una de estas ramas del cordón interganglionar alcanza el ganglio estrellado formando un asa nerviosa por debajo de la arteria subclavia y recibe el nombre de **asa de la subclavia** (*asa de Vieussens*).

Ramas nerviosas de la cadena simpática cervical

Ramos comunicantes blancos. Solamente existe uno, que parte del primer nervio torácico y termina en el ganglio estrellado. Este nervio aporta fibras preganglionares a la cadena simpática cervical. Las fibras preganglionares de los ganglios cervical medio y superior alcanzan estas estructuras caminando por el cordón interganglionar. Los cuerpos neuronales de estas fibras asientan en el asta intermediolateral de los segmentos medulares torácicos más superiores (T1-T5), donde se describen unidades funcionales como el **centro cilio-espinal**, el **centro cardioacelerador** y el **centro broncopulmonar**.

Ramos comunicantes grises. Existen en los tres ganglios cervicales. El ganglio cervical superior da comunicantes grises a los nervios cervicales C1, C2 y C3. El ganglio cervical medio da ramas a los nervios cervicales C4 y C5. El ganglio estrellado da ramas a los nervios cervicales C6 y C7 y al primer nervio torácico (T1).

Ramos viscerales. Todos los ganglios cervicales dan finos filetes nerviosos para las vísceras vecinas (ganglio cervical superior: nervios faríngeos, laríngeos y esofágicos; ganglio cervical medio: nervios tiroideos; ganglio cervico-

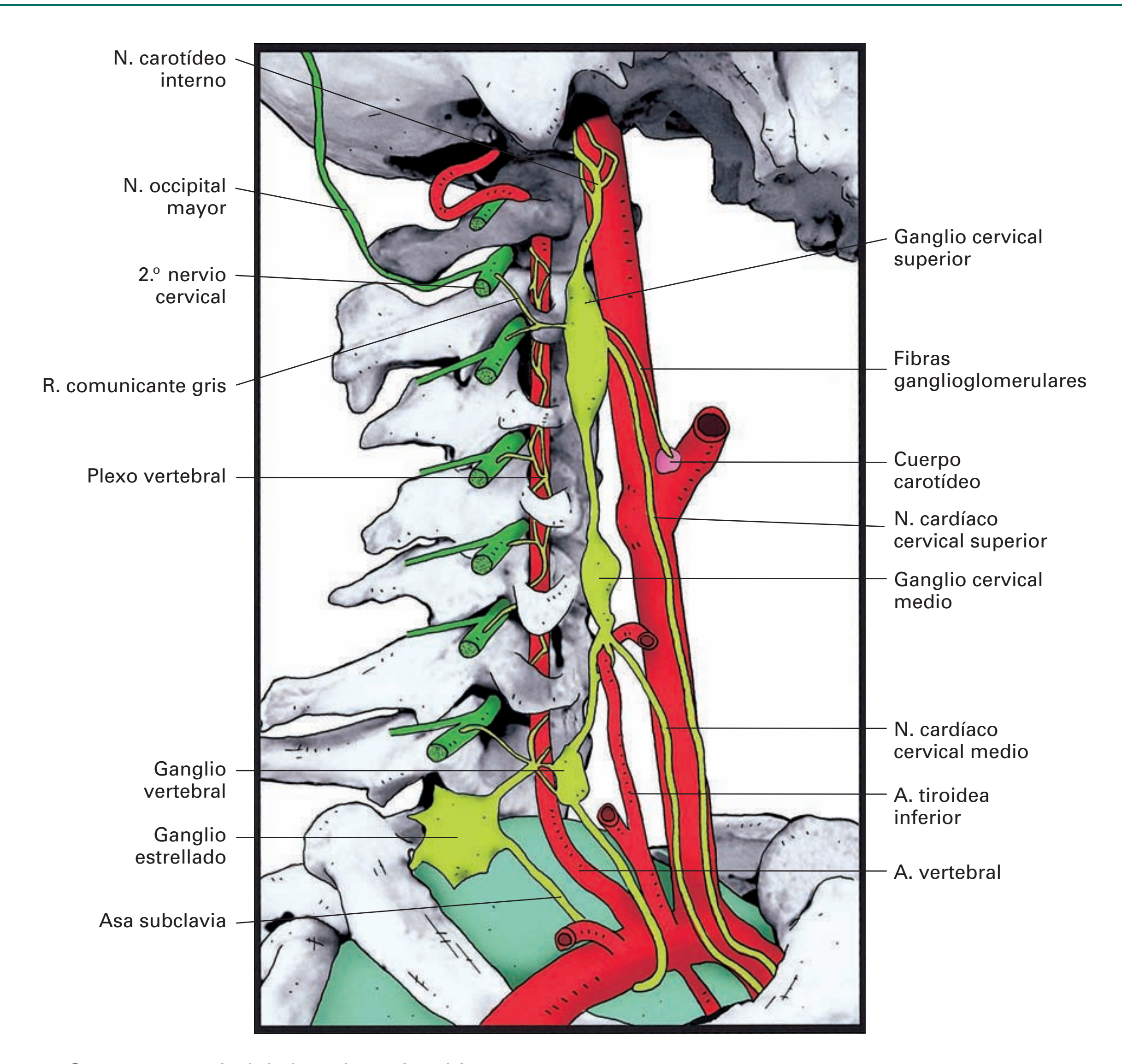


Figura 19-5. Segmento cervical de la cadena simpática.

torácico: nervios esofágicos y traqueales). Además, de cada ganglio cervical parte un nervio cardíaco.

Nervios cardíacos. Existen tres nervios cardíacos que se extienden desde la cadena simpática cervical hasta el corazón. El **nervio cardíaco cervical superior** se origina del ganglio cervical superior y desciende en busca del corazón adosado a la vaina carotídea. El **nervio cardíaco cervical medio** se origina del ganglio cervical medio o del cordón interganglionar y desciende también por la vaina carotídea. El **nervio cardíaco cervical inferior** se origina del ganglio estrellado y discurre en dirección al corazón acompañando a la arteria subclavia y al tronco braquiocefálico en el lado derecho, o uniéndose al nervio cardíaco medio en el lado izquierdo. Los tres nervios cardíacos alcanzan la aorta en su origen, donde forman un plexo nervioso que se sitúa alrededor del arco aórtico. Desde el *plexo cardíaco* parten ramas nerviosas que acompañan a las arterias coronarias (*plexos coronarios*) distribuyéndose por éstas y por las paredes cardíacas, especialmente por las paredes auriculares. En el plexo cardíaco convergen también las ramas parasimpáticas del corazón procedentes del nervio vago (X) y su descripción detallada ha sido analizada a propósito de la inervación cardíaca.

Algunas fibras del plexo cardíaco ascienden acompañando a la arteria pulmonar y contribuyen a formar un **plexo pulmonar** que se asocia a las estructuras del pedículo pulmonar (véase Inervación del pulmón).

Ramos perivasculares. Todos los ganglios simpáticos cervicales dan ramas perivasculares que acompañan a los vasos vecinos (ganglio cervical superior: carótida interna, carótida común y carótida externa; ganglio cervical medio: arteria tiroidea inferior; ganglio cervical inferior: subclavia y sus ramas). De todas estas ramas, tienen especial importancia las siguientes:

Nervio carotídeo interno. Continúa cranealmente al ganglio cervical superior como si fuese una parte más del cordón interganglionar. Asciende inicialmente por la cara posterior de la arteria y toma un aspecto de plexo nervioso perivascular (**plexo carotídeo interno**) cuando ésta alcanza el conducto carotídeo. En el plexo pueden existir microganglios y cuando uno de éstos es prominente, se le denomina *ganglio carotídeo*. El plexo acompaña a la arteria carótida en su trayecto por el seno cavernoso y, cuando al salir del seno cavernoso la carótida da sus ramas de distribución, el plexo también se ramifica para acompañar a cada una de estas ramas. A nivel de la arteria comunicante anterior se ponen en contacto las ramas procedentes de ambos lados de la cadena simpática.

Además de las ramas terminales perivasculares, el plexo carotídeo en su trayecto da una serie de colaterales que se anastomosan con los nervios craneales y, por medio de ellos, se distribuyen por los órganos del macizo facial. Dentro de estas ramas hay que señalar las siguientes: a nivel del conducto carotídeo salen dos ramas, el **nervio caroticotimpánico** y el **nervio petroso profundo**, que a través del hueso temporal se unen respectivamente al nervio timpánico, rama del glosofaríngeo, y al nervio petroso mayor, rama del nervio facial. A nivel del seno cavernoso, el plexo carotídeo da ramas anastomóticas para los tres nervios motores oculares, y para el ganglio trigeminal y su rama oftálmica, y una rama para el ganglio ciliar, que alcanza la órbita con la arteria oftálmica o acompañando a la rama nasociliar del oftálmico. Esta última rama, a través de los nervios ciliares cortos, que emergen del ganglio ciliar, alcanza los vasos de la coroides y el músculo dilatador de la pupila.

Plexo vertebral. Es rama del ganglio cervicotorácico. Acompaña a la arteria vertebral en forma de plexo distribuyéndose por las ramificaciones de esta arteria. En el trayecto de la arteria vertebral a través de los agujeros transversarios de las vértebras cervicales el plexo vertebral da una serie de colaterales que se unen a los nervios espinales vecinos.

Ramas anastomóticas para los nervios del espacio retroestiloideo. Del ganglio cervical superior salen finas ramas nerviosas que se unen a los nervios vago (X), hipogloso (XII) y glosofaríngeo (IX). Las anastomosis con el vago y con el glosofaríngeo se establecen por medio del **nervio yugular**, que va al ganglio inferior del glosofaríngeo y al superior del vago.

Síndrome de Bernard-Horner

Cuando se lesiona el ganglio cervical inferior, y a veces el superior o el cordón ganglionar cervical, se produce el síndrome de Bernard-Horner, que se caracteriza por disminución del diámetro de la pupila (miosis) del lado afectado en relación con la del lado opuesto (anisocoria), acompañada de disminución de la hendidura parpebral y ligero descenso del párpado superior (blefaroptosis), y pérdida de la sudación de la mitad de la cara y cuello correspondientes al lado enfermo (anhidrosis).

Segmento torácico (Figs. 19-6, 9-36 y 9-37)

El segmento torácico de la cadena simpática laterovertebral consta de 11 ó 12 ganglios (el primero está fusionado al ganglio cervical inferior) unidos por un cordón interganglionar que puede desdoblarse en algunas zonas. Por su extremo craneal, la cadena se conecta con el segmento cervical. Por su extremo caudal, la cadena se continúa con el segmento lumbar después de atravesar el diafragma entre los pilares y el ligamento arqueado medial. Los elementos de esta cadena se sitúan ventralmente a las articulaciones costovertebrales y a los vasos y nervios intercostales. Están tapizados por la fascia endotorácica que los separa de la pleura parietal. El trayecto de la cadena es ligeramente oblicuo, de forma que en la parte alta del tórax se sitúa por fuera de las articulaciones y, a medida que desciende, se coloca por delante y finalmente por dentro. En el lado derecho, la vena ácigos discurre por delante y por dentro de la cadena ganglionar. En el lado izquierdo, se relaciona por delante con las venas hemiácigos y más anteriormente con la aorta descendente torácica.

Ramas nerviosas de la cadena simpática-torácica

Ramos comunicantes blancos. Hay uno o dos para cada ganglio, que se extienden desde el nervio intercostal vecino.

Ramos comunicantes grises. Hay también uno o dos que se extienden del ganglio al nervio intercostal vecino.

Ramos viscerales. Salen de la parte más superior de la cadena ganglionar. Hay ramos para el pulmón (*ramos pulmonares torácicos* para el plexo pulmonar) y para el esófago (*ramos esofágicos*).

Ramos vasculares. Se distribuyen por la aorta. Alguna de estas ramas alcanza a través de su distribución por la aorta, el plexo cardíaco (véase antes).

Nervios esplácnicos. Son los más importantes de este segmento de la cadena simpática. Contienen fibras preganglionares para el plexo celíaco y para la médula de la glándula suprarrenal. Hay tres nervios esplácnicos, el mayor, el menor y el inferior. Este último es inconstante y se origina cuando la cadena ya ha alcanzado el abdomen.

Nervio esplácnico mayor. Se origina por tres raíces de los ganglios 7.º, 8.º y 9.º que descienden oblicuamente hacia la línea media, aplicados por la pleura sobre los lados de

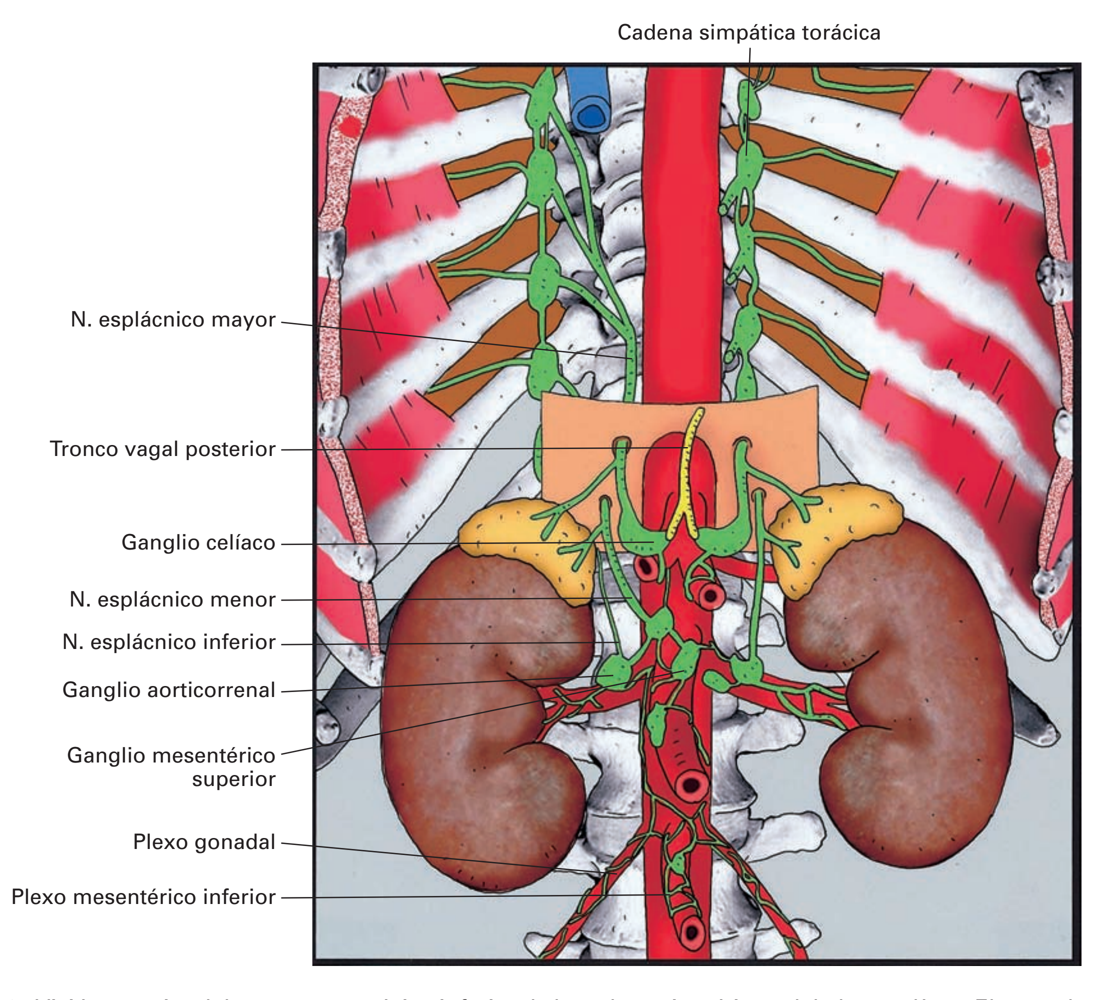


Figura 19-6. Visión anterior del segmento torácico inferior de la cadena simpática y del plexo celíaco. El recuadro anaranjado representa el diafragma.

los cuerpos vertebrales, uniéndose en un solo tronco a nivel de la vértebra T10; ó T11. Atraviesa el diafragma entre el pilar principal y el accesorio. En el abdomen tiene un corto trayecto descendente aplicado sobre la parte lateral del pilar principal recubierto por el peritoneo parietal. Da algunas ramas colaterales para la glándula suprarrenal y termina en el cuerno externo del ganglio semilunar del plexo celíaco (véase más adelante) aportándole las fibras preganglionares.

Nervio esplácnico menor. Se origina por dos raíces de los ganglios 10.º y 11.º. Se dirige hacia abajo siguiendo un trayecto un poco más lateral que el esplácnico mayor. Atraviesa junto con el esplácnico mayor los pilares del diafragma y termina, principalmente, en el ganglio mesentérico superior del plexo celíaco (véase más adelante).

Nervio esplácnico inferior (nervio esplácnico mínimo). Se origina del ganglio 12.º cuando la cadena ya ha atravesado el diafragma. Termina, principalmente, en el ganglio aorticorrenal del plexo celíaco.

Segmento lumbar (Fig. 19-7)

Se extiende desde el último ganglio torácico hasta el promontorio, donde se continua con la cadena sacra. Consta de 3 a 5 ganglios de aspecto fusiforme (el primero suele estar soldado al último torácico y el último, al primero sacro). Se disponen en el retroperitoneo, entre los cuerpos vertebrales y el músculo psoas. Por delante se relacionan, en el lado derecho, con la vena cava inferior e ilíaca común derecha, y, en el izquierdo, con el peritoneo y los ganglios linfáticos asociados a la aorta. Los vasos renales y los vasos gonadales en su trayecto cruzan ventralmente la cadena lumbar.

Ramas nerviosas de la cadena simpática lumbar

Ramos comunicantes blancos. Sólo existen dos, procedentes de los dos primeros nervios lumbares, los cuales terminan en los ganglios lumbares 1.º y 2.º. Son de gran longitud, ya que tienen que atravesar el psoas para alcanzar el ganglio.

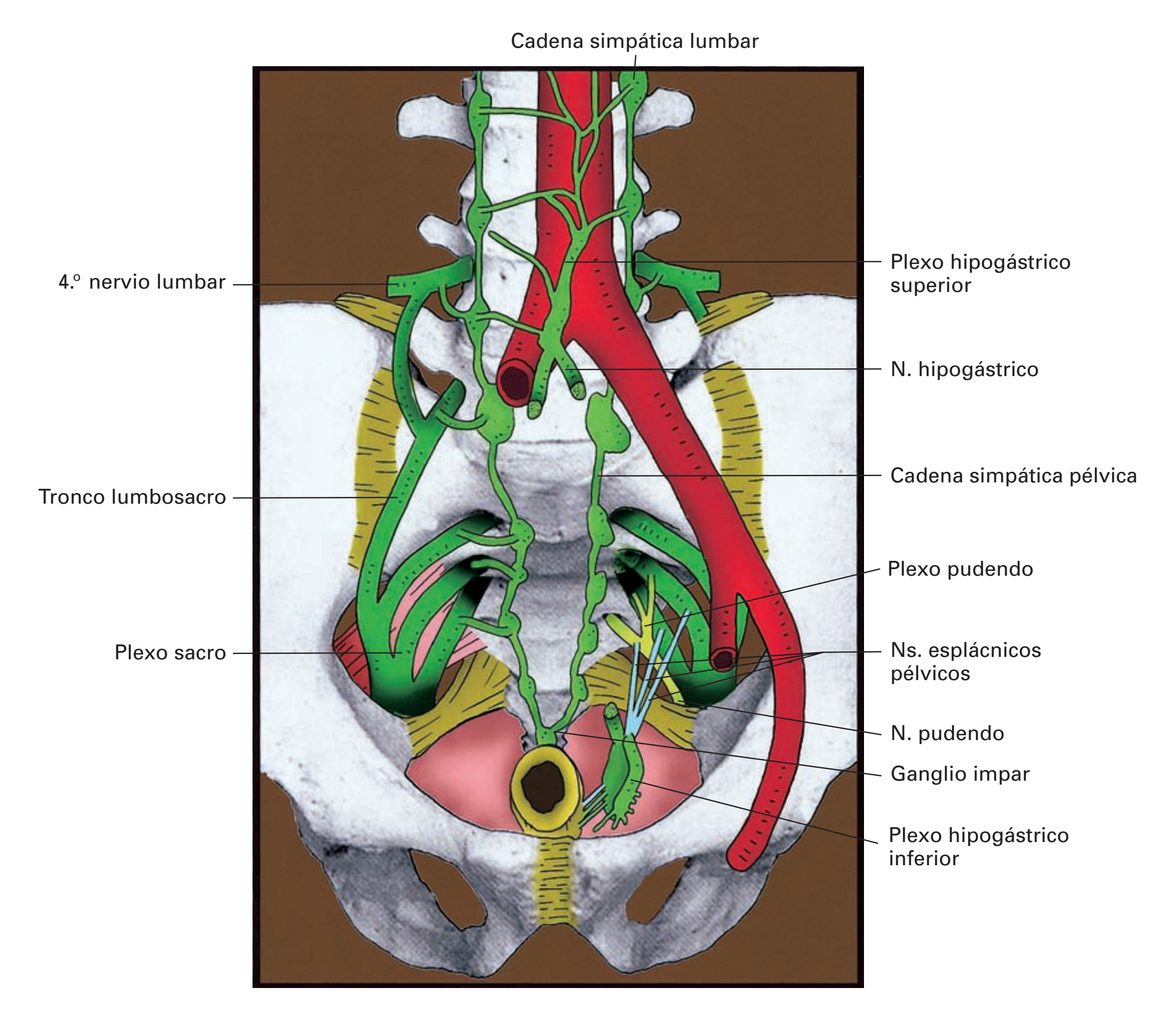


Figura 19-7. Visión anterior de los segmentos lumbar y pélvico de la cadena simpática y del plexo hipogástrico inferior. El plexo pudendo se representa en amarillo y los nervios que llevan fibras parasimpáticas en azul. Los nervios hipogástricos han sido seccionados en su origen y terminación.

Ramos comunicantes grises. Existen en todos los elementos ganglionares. Saltan desde el ganglio hasta el nervio espinal correspondiente. Como los anteriores, tienen que atravesar el psoas, por lo que también son de gran longitud.

Ramos vasculares. Se distribuyen por las arterias lumbares y por la aorta abdominal y las ilíacas.

Ramos comisurales. Son a modo de puentes nerviosos que saltan de la cadena de un lado hasta la del lado opuesto pasando por delante de los cuerpos vertebrales. Su número es inconstante.

Nervios esplácnicos lumbares. Son ramas nerviosas que transportan fibras preganglionares para los ganglios pélvicos (véase más adelante) contribuyendo en menor medida a aportar fibras a los elementos más caudales del plexo celíaco. Se originan por raíces que parten de todos los ganglios, e incluso de las ramas comisurales. Descienden asociados a la pared de la aorta y las arterias ilíacas. Antes de alcanzar el promontorio, se agrupan las raíces de ambos lados para formar una estructura nerviosa relativamente compacta denominada **nervio presacro** o más frecuentemente una malla nerviosa denominada **plexo hipogástrico superior**. Bien en forma de plexo, o bien en forma de lámina nerviosa, esta estructura se divide en dos mitades que discurren por la pelvis de atrás adelante en el espesor de la fascia pélvica visceral con el nombre de **nervios hipogástricos**. Los nervios hipogástricos terminan en el plexo hipogástrico inferior, que describiremos más adelante. En su trayecto por la pared aórtica, algunas fibras de estos nervios se incorporan a los plexos perivasculares asociados a las ramas de la aorta abdominal, especialmente al plexo mesentérico inferior, que se describirán con el plexo celíaco.

Segmento pélvico (Fig. 19-7)

Se extiende desde el promontorio hasta el cóccix y se compone de cuatro ganglios unidos por el cordón intergan-

glionar. En su extremo superior es continuo con el segmento lumbar. En su extremo inferior forma un asa nerviosa que une la cadena de un lado con la del otro (asa precoxígea), que con frecuencia dispone de un ganglio (**ganglio impar**). Los componentes de este segmento se sitúan sobre la cara anterior del sacro, por dentro de los agujeros sacros anteriores y por tanto próximos a la inserción del músculo piramidal. Por delante se dispone el recto. Por fuera de la cadena simpática sacra y también sobre la cara anterior del sacro se sitúan los nervios espinales que forman el plexo sacro.

Ramas nerviosas de la cadena simpática pélvica

Ramos comunicantes blancos. A este nivel no hay nervios comunicantes blancos ya que las fibras preganglionares alcanzan los ganglios simpáticos sacros por el cordón interganglionar que les une al segmento lumbar.

Ramos comunicantes grises. Se extienden de los ganglios simpáticos a los nervios sacros.

Ramas comisurales. Existen un numero variable de estas ramas que unen la cadena de un lado con la del lado opuesto.

Ramos vasculares. Se distribuyen por las arteria sacras.

Ramos viscerales. Se han descrito algunos que distribuyen por el recto y por el uréter.

Nervios esplácnicos sacros. Se originan del segundo y tercer ganglio de la cadena pélvica y se unen a los nervios hipogástricos contribuyendo a aportar fibras preganglionares a los ganglios pélvicos.

Ganglios prevertebrales

Existen dos grandes acumulaciones de ganglios prevertebrales simpáticos. Una de ellos se dispone asociada a la aorta abdominal a nivel del origen de sus primeras ramas y se denomina **plexo celíaco** (*plexo solar*). La otra acumulación se dispone a los lados del mediastino pélvico en el espesor de la fascia pélvica visceral y recibe el nombre de **plexo hipogástrico inferior** o **plexo pélvico**. En cada uno de estos plexos deberemos de estudiar los ganglios, las fibras aferentes y las fibras eferentes.

Plexo celíaco (Fig. 19-6)

Es una formación nerviosa compleja que se sitúa en la cara anterior de la aorta abdominal y se extiende desde el origen del tronco celíaco hasta el origen de las arterias renales.

Ganglios. Consta de 3 pares de grupos ganglionares: los **ganglios celíacos** (*semilunares*), los **ganglios mesentéricos superiores** y los **ganglios aorticorrenales**. Todos estos ganglios se unen entre sí por multitud de filetes nerviosos.

Los **ganglios celíacos** se sitúan a ambos lados del tronco celíaco. Por delante se dispone el peritoneo parietal posterior y, a través de éste, la bolsa omental. Por detrás y lateralmente sobrepasan la aorta y se apoyan sobre los pilares del diafragma. Por debajo se dispone el borde superior del páncreas. Los ganglios tienen forma de semiluna con la concavidad hacia arriba y hacia dentro. Poseen dos extremidades o cuernos, una inferior e interna en contacto con la aorta y otra superior y externa que se aplica al pilar del diafragma.

Los **ganglios mesentéricos superiores** (ganglios aorticomesentéricos) forman dos masas ganglionares irregulares que se disponen a los lados de la raíz de origen de la arteria mesentérica superior, por detrás del páncreas.

Los **ganglios aorticorrenales** son dos o tres a cada lado y se sitúan por delante del origen de las arterias renales. Por delante de ellos se dispone la vena cava inferior en el lado derecho y la vena renal izquierda en el lado izquierdo.

Ramas aferentes. Se denomina así a las ramas nerviosas procedentes de la cadena simpática laterovertebral (nervios esplácnicos), del nervio vago (X) y del nervio frénico derecho que vienen a terminar sobre los ganglios del plexo celíaco. Sin embargo, hay que tener en cuenta que solamente los axones procedentes de los nervios esplácnicos (fibras preganglionares) se agotan en los ganglios estableciendo sinapsis. Los axones procedentes del vago y del frénico atraviesan los ganglios y se distribuyen confundidos con las fibras posganglionares originadas en ellos.

Nervio esplácnico mayor. Termina en el cuerno superior y externo del ganglio celíaco correspondiente.

Nervio esplácnico menor. Da ramas para los tres grupos ganglionares (celíaco, mesentérico superior y aorticorrenal).

Nervio esplácnico inferior (mínimo). Termina en el ganglio aorticorrenal.

Nervio vago. La rama posterior de terminación del vago a nivel del abdomen da dos troncos que acaban sobre los cuernos inferointernos de los ganglios celíacos. (Se ha descrito con el nombre de *asa memorable de Wrisberg* la estructura nerviosa con forma de asa que forman el ganglio celíaco y las terminaciones del esplácnico mayor y vago.) La naturaleza de las fibras del vago es de tipo parasimpático preganglionar.

Nervio frénico. La rama abdominal del nervio frénico derecho, después de atravesar el diafragma, se agota en el cuerno superior y externo del ganglio celíaco derecho. En el trayecto de esta rama suele aparecer una pequeña dilatación ganglionar denominada *ganglio frénico*. La rama abdominal del frénico izquierdo puede también dar en algunos casos una rama para el ganglio celíaco izquierdo. Estas fibras son de naturaleza sensitiva y su destino final es el peritoneo diafragmático y hepático (véase Nervio frénico).

Ramas eferentes. Son las fibras nerviosas que emergen de la superficie ganglionar y que van a distribuirse ampliamente por los vasos y órganos abdominales. Adoptan una disposición en forma de malla que rodea las ramas de la aorta abdominal formando plexos perivasculares. Hay que tener en cuenta que estos nervios contienen las fibras posganglionares simpáticas originadas en los ganglios, fibras parasimpáticas preganglionares procedentes del vago que se dirigen a los ganglios intraparietales de los órganos abdominales y fibras sensitivas que recogen información de estas estructuras.

Plexo diafragmático inferior. Se dispone alrededor de esta arteria. Un número de sus fibras alcanza de esta manera las glándulas suprarrenales.

Plexo de las ramas del tronco celíaco. Se dispone alrededor de las ramas del tronco celíaco (hepática, esplénica, gástrica izquierda), lo que le permite alcanzar las vísceras que son vascularizadas por este tronco arterial.

Plexo renal. Es muy nutrido en fibras que alcanzan no sólo los vasos renales, sino el parénquima renal y las vías urinarias altas.

Plexo mensentérico superior. Se sitúa alrededor de este tronco.

Plexo de la aorta abdominal. Desciende alrededor de esta arteria alcanzando de esta manera la arteria mesentérica inferior (*plexo mesentérico inferior*) y las arterias gonadales *(plexos testicular y ovárico*). Un aspecto importante es que el plexo mesentérico inferior recibe ramas parasimpáticas preganglionares desde los nervios parasimpáticos pélvicos. Estos nervios ascienden desde la pelvis entremezclados con las fibras nerviosas que rodean primero a las arterias ilíacas y luego a la aorta (véase Parasimpático). A la formación del plexo mesentérico inferior también contribuyen algunas ramas de los nervios esplácnicos lumbares más superiores que han sido descritas anteriormente.

Plexo suprarrenal. Caminan con las arterias suprarrenales.

Plexo hipogástrico inferior (Figs. 19-7 y 19-8)

El **plexo hipogástrico inferior** (**plexo pélvico**), al igual que el plexo celíaco, es una formación nerviosa compleja. Está situado a ambos lados del mediastino pélvico y está constituido por los **ganglios pélvicos**, a los que llegan ramas aferentes y de los que parten ramas eferentes para los órganos de la pelvis.

Dado que las fibras que alcanzan los ganglios pélvicos a nivel del promontorio tienen con gran frecuencia un aspecto de plexo, se utiliza el término de **plexo hipogástrico superior** para denominar a estas fibras, y se reserva el término de **plexo hipogástrico inferior** (o **plexo pélvico**)

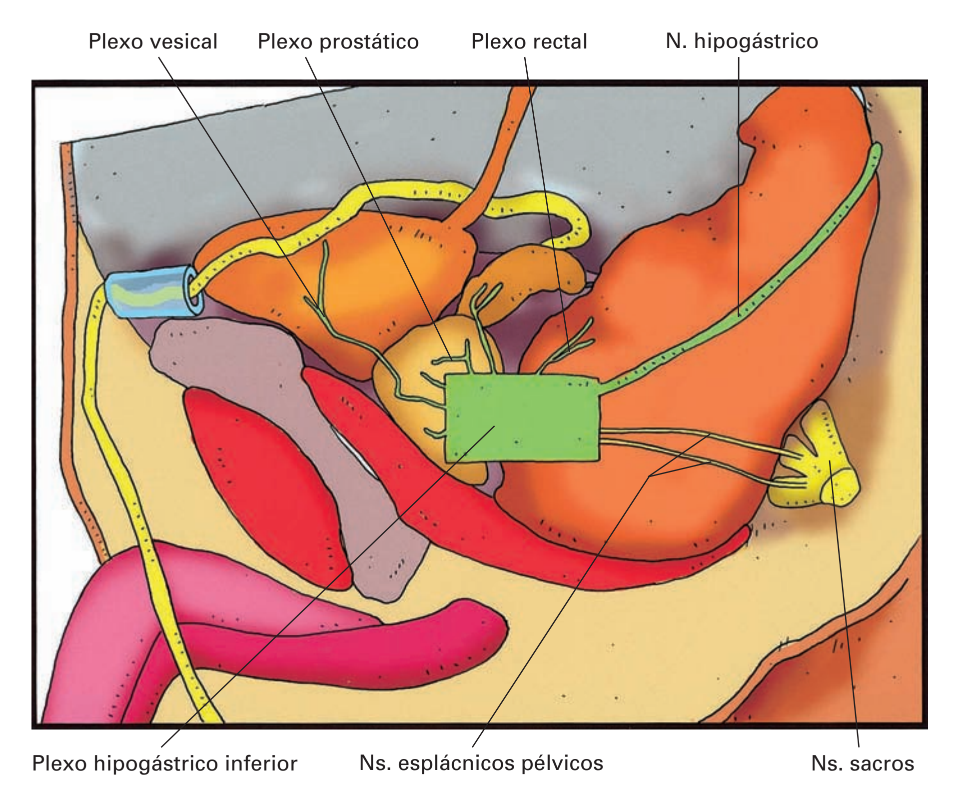


Figura 19-8. Visión lateral izquierda de las vísceras pélvicas mostrando las aferencias y eferencias del plexo hipogástrico inferior.

para describir la formación nerviosa que forman los ganglios pélvicos en la pelvis.

Ganglios pélvicos. Generalmente, aparecen como una red nerviosa en cuyo entramado se disponen los cúmulos de neuronas posganglionares. En otras ocasiones aparece como una formación más compacta de aspecto cuadrilátero. Su situación es constante en el espesor de la fascia pélvica visceral, de la que es prácticamente imposible de separar. Internamente al ganglio y a la fascia pélvica visceral se disponen las vísceras pélvicas. Por su cara externa discurren ramas de la arteria ilíaca interna (hemorroidal media, uterina, vesicodeferencial). Por su margen superior discurren la arteria umbilical y el uréter. Su margen inferior se apoya sobre el suelo de la pelvis, formado por el músculo elevador del ano revestido de la fascia superior del diafragma pélvico. El extremo posterior del ganglio es la zona de llegada de las fibras aferentes, las cuales forman un plexo nervioso que suele denominarse porción inicial del plexo hipogástrico. El extremo anterior del ganglio es la región por donde salen la mayor parte de las fibras eferentes.

Ramas aferentes. Las fibras aferentes de los ganglios pélvicos proceden de los nervios hipogástricos (plexo hipogástrico superior), cuyo origen a partir de los nervios esplácnicos lumbares y sacros ya ha sido descrito.

Un segundo componente de fibras que alcanza el ganglio hipogástrico, está constituido por nervios parasimpáticos denominados **nervios esplácnicos pélvicos** (*nervios erectores*; véase Parasimpático sacro).

Ramas eferentes. Se destinan a los vasos y órganos de la pelvis, incluidos los genitales externos. En general, aparecen como una multitud de nervios asociados a los vasos estableciendo amplias anastomosis en la proximidad de las vísceras que van a inervar (plexos periviscerales). Estos plexos nerviosos reciben el nombre del órgano que inervan y se describen los siguientes: **plexo rectal medio** para las paredes del recto (el superior y el inferior tienen diferente origen, véase inervación del recto); **plexo vesical**, que en el varón da colaterales para el conducto deferente y las vesículas seminales; **plexo prostático** en el varón, que a su vez da ramas para vesículas seminales, uretra prostática, conducto eyaculador y genitales externos (cuerpos eréctiles del pene, uretra membranosa y peneana, y glándulas bulbouretrales); y **plexo uterovaginal** en la mujer que a su vez da ramas para útero, trompas uterinas, vagina y genitales externos (cuerpos eréctiles, uretra y glándulas vestibulares).

El plexo hipogástrico contiene también fibras que recogen la sensibilidad de las vísceras. Estas fibras tienen un trayecto opuesto a las anteriores. Se originan en las paredes y la mucosa de los órgamos y caminan hasta alcanzar los ganglios pélvicos en el espesor de ramas eferentes del ganglio. Atraviesan el ganglio sin establecer sinapsis y llegan a los ganglios espinales caminando en sentido retrógrado con las fibras aferentes de los ganglios pélvicos.

Neurectomía presacra

En ocasiones se ha empleado la sección quirúrgica del nervio presacro (plexo hipogástrico superior) para aliviar dolores de las vísceras pélvicas.

DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO

Tal como hemos visto en el apartado de generalidades, el sistema parasimpático puede dividirse en dos partes, craneal y sacro o pélvico, de acuerdo con la situación de las neuronas preganglionares.

Parasimpático craneal

Las neuronas preganglionares asientan en núcleos específicos del tronco del encéfalo. El axón de estas neuronas se incorpora inicialmente a un par craneal y alcanza, después de un recorrido más o menos complejo, el ganglio parasimpático correspondiente. En el ganglio asienta la neurona posganglionar y su axón, después de un pequeño recorrido, alcanza el órgano diana.

Para su descripción podemos dividir a los componentes del sistema parasimpático craneal en dos subcomponentes. Uno de ellos se distribuye exclusivamente por órganos de la cabeza. Los ganglios de este componente están ligeramente alejados del órgano diana y ocupan regiones topográficas bien definidas, por lo que utilizaremos el ganglio como elemento central para su descripción anatómica (véanse detalles en los pares craneales correspondientes). El otro subcomponente se distribuye por los órganos del cuello y del tronco, y su único constituyente es el nervio vago (X), que ya ha sido descrito (véase Pares craneales).

Existen cuatro formaciones ganglionares parasimpáticas en la cabeza: los ganglios ciliar, pterigopalatino, ótico y el complejo submandibular y submaxilar. Todos ellos tienen características comunes, como el de estar asociados a un tronco nervioso y el de recibir, además de las ramas aferentes verdaderas, ramas aferentes aparentes, que incluyen fibras simpáticas posganglionares y fibras sensitivas. Gran parte de las fibras simpáticas postganglionares proceden del ganglio cervical superior y llegan por plexos periarteriales. Se suelen describir, por tanto, dentro de las aferencias tres tipos de raíces del ganglio, pero sólo las fibras parasimpáticas preganglionares son verdaderas aferencias de estos ganglios.

Ganglio ciliar (*ganglio oftálmico*) (Fig. 19-9)

Es un pequeño ganglio de pocos milímetros de diámetro que se sitúa en la órbita, asociado al margen lateral del nervio óptico.

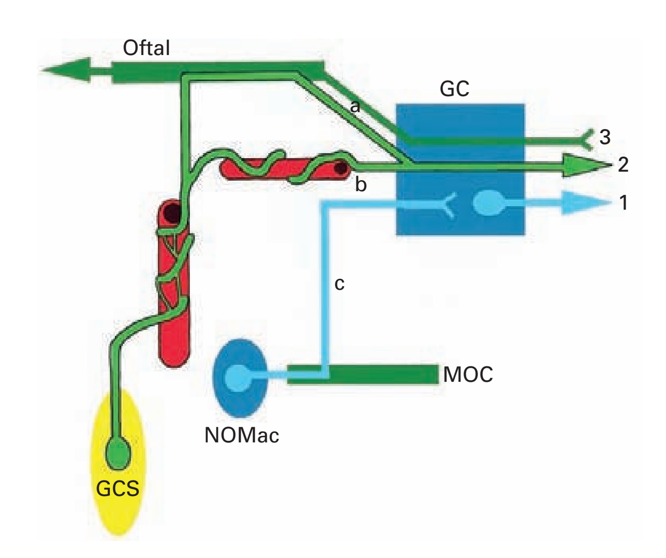


Figura 19-9. Esquema de las aferencias y eferencias del ganglio ciliar (GC). Ramo comunicante del nervio nasociliar (a); ramo simpático (b); raíz oculomotora (c). 1) Músculos ciliar y esfínter liso de la pupila. 2) Músculo dilatador de la pupila y vasos de la coroides. 3) Fibras sensitivas de la córnea, el iris y la región ciliar. Ganglio cervical superior (GCS); núcleo oculomotor accesorio (NOMac); nervio motor ocular común (MOC); nervio oftálmico (Oftal).

Aferencias

Raíz oculomotora; son fibras parasimpáticas preganglionares procedentes de la rama inferior del nervio oculomotor (III) originadas en el núcleo oculomotor accesorio.

Ramo simpático; son fibras simpáticas posganglionares que alcanzan el ganglio desde el plexo carotídeo interno procedente del ganglio cervical superior.

Ramo comunicante del nervio nasociliar; realmente no es una aferencia al ganglio, sino que contiene fibras sensitivas procedentes del globo ocular que transitan por el ganglio, sin establecer sinapsis, para dirigirse al nervio nasociliar del trigémino.

Eferencias

Se denomina **nervios ciliares cortos** al conjunto de filetes nerviosos que se extienden entre ganglio ciliar y el globo ocular rodeando al nervio óptico. No obstante, estos nervios contienen fibras de naturaleza diversa. Por un lado, hay fibras propiamente eferentes, las fibras parasimpáticas posganglionares que van a inervar el músculo ciliar y el esfínter liso de la pupila. Por otro, hay fibras simpáticas posganglionares, derivadas del ramo simpático, que están destinadas a inervar el músculo dilatador de la pupila. Finalmente, algunos nervios contienen fibras sensitivas que van en sentido opuesto del globo ocular hacia el ganglio para incorporarse en el ramo comunicante del nervio nasociliar.

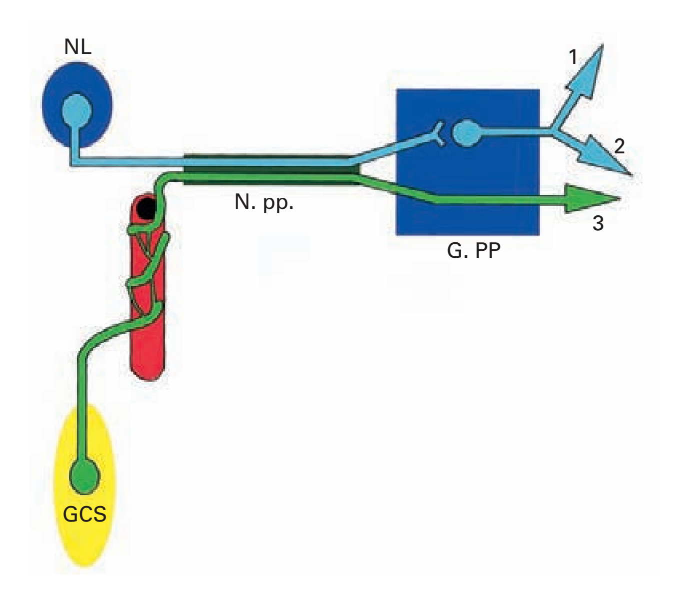


Figura 19-10. Esquema de las aferencias y eferencias del ganglio pterigopalatino (G. PP.). Componente parasimpático (azul); componente simpático (verde). 1) Glándula lagrimal (vía nervio cigomático). 2) Glándulas de la mucosa nasal y palatina (vía nervios nasopalatinos). 3) Vasos de la cara. Núcleo lagrimal (NL); ganglio cervical superior (GCS); nervio pterigoideo (N. pp.).

Ganglio pterigopalatino (Fig. 19-10)

Es un pequeño ganglio de pocos milímetros de diámetro que se sitúa en la fosa pterigopalatina, asociado al borde inferior del nervio maxilar.

Aferencias

Raíz parasimpática; es el **nervio pterigoideo** (*nervio vidiano*), que aporta fibras parasimpáticas preganglionares que proceden del **núcleo lagrimal** (*núcleo mucolagrimonasal*) y que, antes de incorporarse al nervio pterigopalatino, han caminado por los nervios intermediario y petroso mayor.

Raíz simpática (nervio petroso profundo); no es una raíz independiente, sino que está constituida por fibras simpáticas posganglionares procedentes del ganglio simpático cervical superior que se incorporan al ganglio pterigopalatino por el nervio pterigopalatino, que, a su vez, las ha recibido del plexo carotídeo interno.

Raíz sensitiva; al igual que ocurría en el ganglio ciliar, hay algunas fibras sensitivas que van a la rama maxilar del trigémino después de haber atravesado el ganglio.

Eferencias

Las eferencias verdaderas del ganglio están representadas por fibras parasimpáticas posganglionares que siguen dos trayectos. Unas se incorporan al nervio cigomático para

alcanzar la glándula lagrimal. Otras, a través de los nervios nasopalatinos, alcanzan las glándulas de la mucosa nasal y palatina. Además, algunos de los filetes nerviosos que emergen del ganglio contienen las fibras simpáticas descritas en las aferencias.

Ganglio ótico (Fig. 19-11)

Es un pequeño ganglio situado en la fosa infratemporal, asociado al margen medial del nervio mandibular, justo bajo el agujero oval.

Aferencias

Nervio petroso menor; le aporta las fibras parasimpáticas preganglionares que, procedentes del núcleo salivatorio inferior, han llegado al nervio después de un trayecto por el glosofaríngeo y el timpánico.

Las fibras simpáticas posganglionares atraviesan el ganglio desde el plexo periarterial de la meníngea media en busca de los vasos de la región. Estas fibras proceden del plexo de la carótida externa, que, a su vez, las recoge del ganglio simpático cervical superior.

Eferencias

Las fibras posganglionares parasimpáticas se incorporan al nervio auriculotemporal y están destinadas a la glándula parótida.

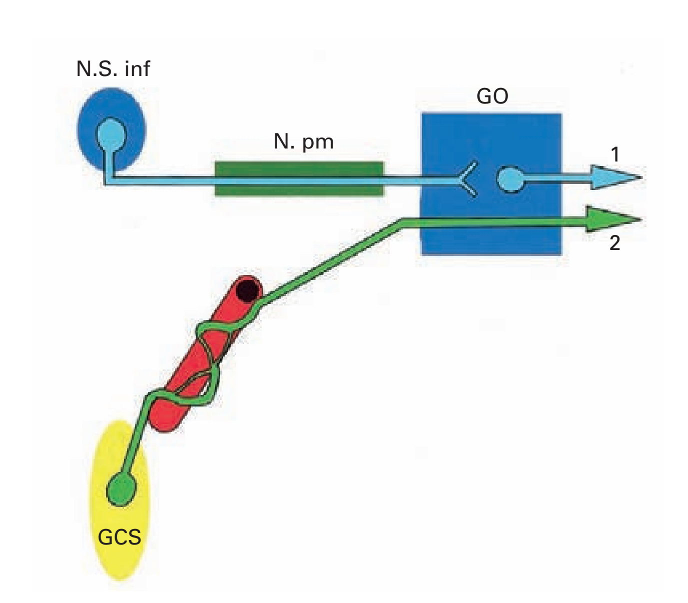


Figura 19-11. Esquema de las aferencias y eferencias del ganglio ótico (GO). Componente parasimpático (azul). Componente simpático (verde). 1) Glándula parótida. 2) Vasos profundos de la cara. Núcleo salivatorio inferior (N.S. inf); ganglio cervical superior (GCS); nervio petroso menor (N. pm).

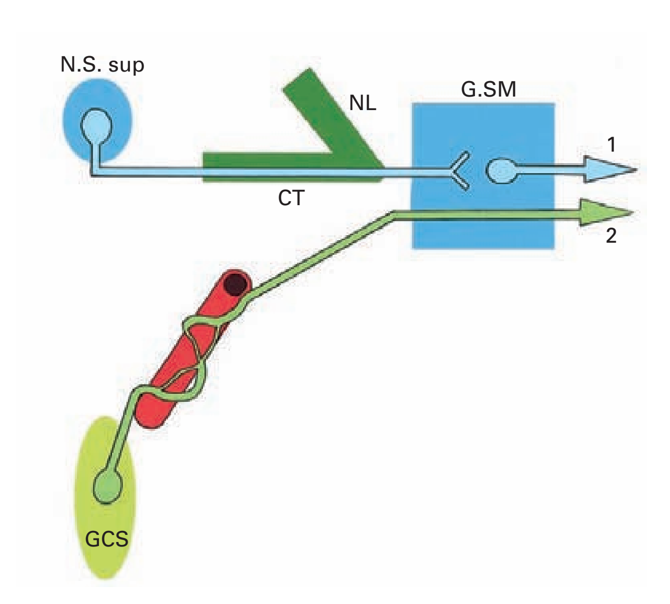


Figura 19-12. Esquema de la aferencias y eferencias del glanglio submandibular (G.SM). Componente parasimpático (azul); componente simpático (verde). 1) Glándulas submandibular y sublingual. 2) Vasos glandulares y faciales. Núcleo salivatorio superior (N.S. sup); ganglio cervical superior (GCS); cuerda del tímpano (CT); nervio lingual (NL).

Ganglios submandibular y sublingual (Fig. 19-12)

Son dos pequeños ganglios asociados a las glándulas del mismo nombre en la vecindad del nervio lingual. De ellos, el sublingual es inconstante y si está presente tiene un tamaño mínimo.

Aferencias

Ramas del nervio lingual; son fibras parasimpáticas preganglionares del sistema del nervio facial procedentes del núcleo salivatorio superior. Estas fibras, antes de incorporarse al nervio lingual, han caminado con los nervios intermediario y cuerda del tímpano.

Ramas procedentes del plexo perifacial que aportan fibras simpáticas posganglionares del ganglio cervical superior también alcanzan los ganglios para distribuirse después por los vasos glandulares.

Eferencias

De los ganglios emergen fibras parasimpáticas posganglionares que se distribuyen por el espesor de las glándulas submandibular y sublingual.

Parasimpático sacro (Figs. 19-2, 19-7 y 19-8)

Las neuronas del núcleo parasimpático sacro están destinadas a los órganos pélvicos y la mitad izquierda del intestino grueso.

Las fibras preganglionares salen de la médula espinal incluidas en las ramas anteriores de los nervios sacros S2, S3 y S4. Abandonan estas ramas formando unos finos filetes nerviosos que se denominan **nervios esplácnicos pélvicos** (nervios erectores). Estos nervios se dirigen en busca del plexo hipogástrico inferior (plexo pélvico) y lo atraviesan sin hacer sinapsis en sus neuronas.

Las fibras destinadas a los órganos pélvicos salen del plexo confundidas con las fibras eferentes y, formando parte de los plexos viscerales, alcanzan los órganos pélvicos. En las paredes de estos órganos se disponen microganglios parasimpáticos sobre los que van a hacer sinapsis. Las fibras posganglionares, sin salir de las paredes, se distribuyen por las glándulas y la musculatura lisa. En el caso del pene y del clítoris, las fibras parasimpáticas inervan la musculatura lisa de las arterias y las trabéculas de los cuerpos eréctiles.

Las fibras destinadas a las paredes de la parte alta del recto y la mitad izquierda del colon siguen desde el plexo hipogástrico inferior un trayecto recurrente por los nervios hipogástricos en dirección al plexo mesentérico inferior, mediante el cual alcanzan los órganos diana mencionados. En las paredes de estos órganos se encuentran los microganglios correspondientes, de los que emergen las fibras posganglionares para las glándulas y el músculo liso.

SISTEMA NERVIOSO ENTÉRICO

El **sistema nervioso entérico (SNE)** es el conjunto de células nerviosas situadas en el espesor de la pared del tubo gastrointestinal, desde el esófago inferior hasta el esfínter anal. Constituye el «cerebro del intestino», pues puede funcionar independientemente del SNC, y, además, es el medio por el que los nervios extrínsecos del sistema nervioso vegetativo (simpático y parasimpático) regulan la actividad digestiva.

Sólo hasta hace poco tiempo se había considerado una entidad independiente del sistema vegetativo, especialmente del sistema parasimpático, ya que se pensaba que sus células eran exclusivamente las neuronas parasimpáticas posganglionares del tubo gastrointestinal. Pero en los últimos veinte años la profundización en el conocimiento del SNE ha permitido comprender mejor la fisiología y la patología gastrointestinal, y numerosos datos experimentales y clínicos le otorgan un rango autónomo dentro del sistema nervioso vegetativo. Además, su importancia se ha acrecentado desde que se ha comenzado a saber que numerosas afecciones que afectan a la actividad motora, secretora o inmunitaria digestiva implican de forma directa o indirecta a trastornos del sistema nervioso entérico. La denominada patología psicosomática (trastornos de origen mental que afectan a los órganos corporales) tienen, en el caso de los órganos digestivos, su mediador fundamental en el sistema nervioso entérico.

El SNE controla autónomamente la motilidad, las secreciones exocrinas y endocrinas, y la microcirculación del tubo gastrointestinal; además, participa en la regulación de la funciones inmunitarias que acontecen en el tubo digestivo. A pesar de su capacidad para funcionar de forma independiente, recibe la influencia del sistema nervioso central para coordinar y modular las diversas funciones que ejerce.

> Las células del SNE derivan de los segmentos vagal y sacro de la cresta neural y migran a la pared del intestino embrionario. Un fallo de la migración de las células del segmento sacro de la cresta neural provoca la **enfermedad de Hirschsprung** o **megacolon**. En esta afección, el colon distal y el recto carecen de plexo entérico y, como consecuencia, se paralizan, carecen de peristaltismo, se estrechan (estenosis) y provocan que el segmento cólico anterior a la zona estenosada se dilate de forma exagerada. Esta enfermedad se interpreta hoy como un trastorno genético complejo en el que están implicados los genes *Ret* y *Sox*10.

Estructura (Fig. 19-13)

El SNE está formado por aproximadamente 100 millones de neuronas, una cifra semejante a la de la médula espinal. Los cuerpos neuronales se agrupan en microganglios in-

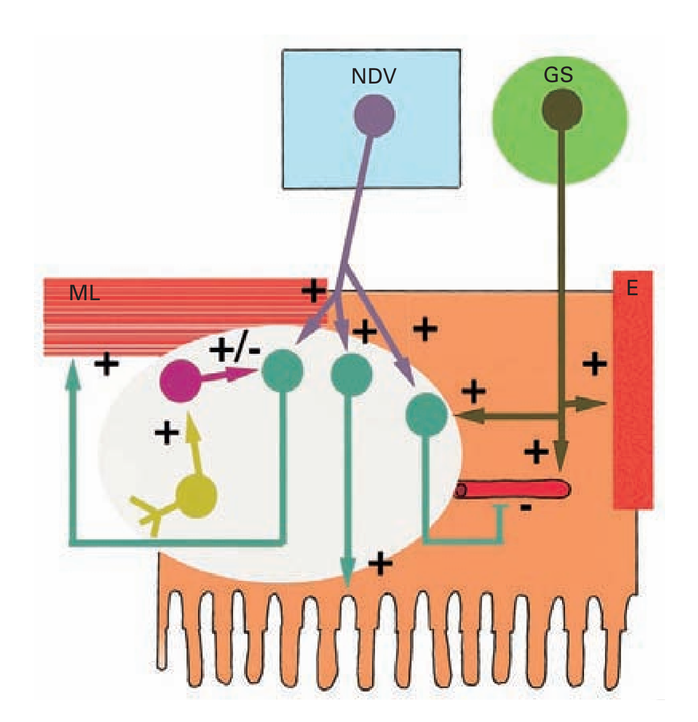


Figura 19-13. Esquema de la organización estructural y de las conexiones del sistema nervioso entérico. El círculo gris indica los plexos mientérico y submucoso en el espesor de la pared digestiva. Neuronas aferentes intrínsecas (verde oliva); neuronas motoras y secretomotoras (verde), interneuronas (violeta).

Núcleo dorsal del vago (NDV); ganglio simpático prevertebral (GS); musculatura lisa de la pared digestiva (ML); musculatura lisa de los esfínteres (E). Detalles en el texto.

terconectados por una red de prolongaciones nerviosas que forman dos extensos e intrincados plexos entéricos: el **plexo mientérico** (*plexo de Auerbach*) y el **plexo submucoso** (*plexo de Meissner*)

El plexo mientérico se sitúa entre los estratos circular y longitudinal de la capa muscular y el plexo submucoso está inmerso en el tejido conectivo de la capa submucosa entre el estrato circular y la *muscularis mucosae*. Aunque estos plexos pueden distinguirse en razón de su localización, estructura nerviosa e, incluso, cierta especialización funcional, no actúan independientemente, pues existe una profusa red de conexiones entre ellos.

Estos plexos inervan todas las estructuras de la pared digestiva: la musculatura lisa (tanto de la capa muscular, incluidos los esfínteres, como la *muscularis mucosae* y las fibras dispersas de la lámina propia), el epitelio glandular, las células del sistema endocrino intestinal y los vasos de la submucosa.

El SNE ejerce su influencia sobre estos efectores intestinales, bien directamente por terminales sinápticas o bien mediante células intermedias, como las células intersticiales de Cajal, las células enteroendocrinas y células inmunitarias.

En el plexo entérico hay tres clases de células: **neuronas, células gliales** y **células intersticiales de Cajal.**

Las **neuronas entéricas** se pueden clasificar con un criterio puramente morfológico, con un criterio químico y con un criterio funcional.

Según el criterio morfológico, las neuronas pueden ser de tipo I (axón largo) o tipo II (axón corto).

Según el criterio químico, se pueden distinguir numerosos tipos todavía en estudio y no bien definidos. Se han identificado más de 20 neurotransmisores en los plexos entéricos, y algunas células pueden utilizar varios. Entre los neurotransmisores mejor conocidos cabe citar: aminas (*acetilcolina, norepinefrina* y *serotonina*), gases (*óxido nítrico* y *monóxido de carbono*) y péptidos (*sustancia P, polipéptido intestinal vasoactivo, neuropéptido Y, somatostatina*).

El criterio funcional es el más adecuado para comprender la estructura del plexo. Según este criterio, las neuronas pueden clasificarse en aferentes intrínsecas, interneuronas y neuronas motoras.

Las **neuronas aferentes intrínsecas** son morfológicamente células de tipo II, recogen la información sensorial de la pared y se conectan con interneuronas. Forman el brazo explorador de reflejos locales motores y secretores. Utilizan como neurotransmisor la acetilcolina y algunas, además, contienen sustancia P.

Las **neuronas motoras** y **secretomotoras** son morfológicamente células de tipo I y pueden proyectar su axón localmente o a cierta distancia, especialmente en el caso de la inervación de la musculatura lisa. Las neuronas que inervan el estrato circular pertenecen al plexo mientérico y pueden ser excitadoras e inhibidoras; las neuronas excitadoras utilizan acetilcolina y sustancia P y las neuronas inhibidoras, de gran importancia en la relajación de los esfínteres, emplean óxido nítrico y VIP (polipéptido intestinal vasoactivo). Las neuronas motoras del plexo submucoso que inervan los vasos utilizan VIP o acetilcolina con efecto vasodilatador (la acción vasoconstrictora es ejercida directamente por las fibras simpáticas noradrenérgicas).

Debe señalarse, otra vez, que las neuronas motoras y secretoras que inervan la musculatura lisa y las glándulas constituyen la segunda neurona de la vía parasimpática que inerva el tubo digestivo.

Las **interneuronas** conectan entre sí las células aferentes intrínsecas y las motoras y secretomotoras. Varias interneuronas pueden estar intercaladas formando vías reflejas multisinápticas. Los axones de interneuronas implicados en reflejos motores pueden proyectarse a largas distancias, tanto en sentido ascendente como descendente, para controlar los movimientos peristálticos. Se distinguen varios tipos de interneuroras según el neurotransmisor que utilizan, pero todavía no están bien definidos.

Las **células gliales entéricas** se parecen a los astrocitos; recubren las neuronas formando parte de los microganglios. Se ha indicado que la glía entérica modula la respuesta inmunitaria intestinal, pues produce interleucinas que estimulan la proliferación y diferenciación de los linfocitos, y expresan antígenos sólo presentes en células inmunitarias como el complejo principal de histocompatibilidad, clase II (MHC de clase II).

Las **células intersticiales de Cajal** son un tipo singular de células. No contienen neurofibrillas, y pueden constituir un tipo de glía. Actúan como «marcapasos» responsables de los denominados «complejos migratorios intestinales», que son ondas de movimiento de la musculatura del tubo gastrointestinal. Estas células tienen una actividad espontánea y rítmica, y excitan la muscutura lisa; también modulan la comunicación entre las neuronas motoras y el músculo.

Conexiones (Fig. 19-13)

El SNE está conectado con el SNC. Recibe información del SNC mediante los sistemas simpático y parasimpático y envía información por aferencias sensoriales que utilizan las vías vegetativas. Gracias a esta red de conexiones, el SNC puede controlar y coordinar la actividad del plexo entérico.

Los trayectos específicos de esta conexiones han sido ampliamente analizadas con anterioridad.

Entradas desde el SNC: fibras simpáticas y parasimpáticas.

a) *Fibras simpáticas.* Las fibras simpáticas **posganglionares** son todas noradrenérgicas, tienen el cuerpo celular en los ganglios prevertebrales, alcanzan la pared intestinal y terminan haciendo sinapsis en estructuras del plexo o directamente en efectores de la pared: las neuronas motoras o secretomotoras que utilizan VIP (inhibidoras),

las terminaciones nerviosas colinérgicas (sinapsis axoaxónicas), los vasos de la submucosa y la musculatura lisa de los esfínteres.

b) *Fibras parasimpáticas.* Las fibras parasimpáticas procedentes del vago o de los nervios sacros son fibras **preganglionares**, penetran en la pared digestiva y alcanzan fundamentalmente las neuronas motoras y secretomotoras del plexo mientérico (segundas neuronas parasimpáticas). Estas fibras son todas colinérgicas y excitadoras, y son mucho más abundantes en el esófago, el estómago, el colon distal y el recto, lo que indica que el control nervioso es más directo e influyente sobre estas zonas digestivas.

Salidas del plexo: a ganglios simpáticos y aferencias sensoriales.

a) A *ganglios simpáticos.* Se han descrito proyecciones axónicas retrógadas desde las neuronas del plexo mientérico a los ganglios simpáticos prevertebrales, las cuales podrían estar implicadas en reflejos moduladores de la actividad vegetativa.

b) *Aferencias sensoriales del tubo digestivo.* En sentido estricto no son verdaderas salidas del plexo, puesto que no son las neuronas entéricas las que llevan información al SNC, pero la actividad de estas neuronas contribuye a modular la actividad del sistema entérico.

Las neuronas que transportan información sensorial al SNC son **neuronas aferentes primarias** o **sensoriales primarias.**

Las que transportan información por el vago tienen su cuerpo neuronal en el ganglio plexiforme y recogen información sobre el grado de distensión mecánica del intestino, las actividades motoras y diversos estímulos químicos (concentración de glucosa, aminoácidos o ácidos grasos).

Las que transportan información por los nervios esplácnicos tienen su cuerpo neuronal en los ganglios espinales. Transmiten información dolorosa, térmica o mecánica de gran intensidad.

Las prolongaciones periféricas de estas neuronas sensitivas dan colaterales axónicas a diversas estructuras de la pared digestiva, como los vasos sanguíneos de la submucosa o las células cebadas, sobre las que provocan reflejos axónicos. En los vasos producen vasodilatación y en las células cebadas provocan una respuesta inmunitaria estimulando a la célula para que libere mediadores en caso de acción inflamatoria de la mucosa.

SECCIÓN XII

ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

CAPÍTULO **20**

Órganos de los sentidos

GENERALIDADES

Los órganos de los sentidos recogen la información procedente del medio externo y del propio organismo transformando las energías exteriores en impulsos nerviosos que son conducidos al sistema nervioso central por las vías o canales de información. Existen distintas modalidades de sensibilidad: visual, auditiva, del equilibrio, olfatoria, gustativa y somatoestésica. La sensibilidad somatoestésica o general puede proceder del mundo exterior (tacto, presión, dolor, temperatura) o del propio organismo (tensiones o distensiones de tendones, articulaciones, vísceras, etc).

Los receptores de la sensibilidad general son formaciones microscópicas repartidas por la piel y por múltiples estructuras orgánicas. Forman un todo inseparable con las vías nerviosas de la sensibilidad general y se analizarán en el Tomo II de esta obra.

En este capítulo consideraremos únicamente los órganos relacionados con lo que se ha dado en llamar la sensibilidad especial, porque en algunos casos, como el ojo y el oído, el receptor nervioso propiamente dicho se encuentra integrado en una compleja estructura anatómica cuyo estudio desborda los componentes meramente nerviosos.

ÓRGANOS DE LA VISIÓN: GLOBO OCULAR

CONCEPTOS GENERALES

El **globo ocular** constituye el órgano periférico de la visión. Se encuentra localizado y protegido en el interior de la cavidad orbitaria, que sirve además para proporcionar la inserción de los músculos que lo movilizan (Fig. 20-1). La posición de las dos órbitas determina la relación espacial entre los dos ojos, necesaria para la visión binocular y los movimientos conjugados entre ambos.

El globo ocular se encuentra almohadillado por la grasa orbitaria y separado de ella por una fina cápsula aponeurótica denominada **vaina del globo ocular** (*cápsula de Tenon*[1]).

El ojo está formado por dos segmentos de esfera de diferente tamaño que se superponen en su parte anterior. El **segmento anterior**, más pequeño y prominente que el posterior, es transparente y se extiende entre la córnea y el cristalino. Se encuentra dividido incompletamente por el **iris**, en una **cámara anterior** y otra **posterior**, las cuales se comunican a través de la **pupila**. El **segmento posterior** es opaco y constituye la mayor parte del volumen ocular.

El globo ocular, algo aplanado de arriba abajo, es bastante esférico. Su diámetro es aproximadamente de 24 mm en el varón adulto, un poco menor en las mujeres y, en general, la relación durante el desarrollo pasa por 17 mm en el recién nacido a 21 mm durante la pubertad.

Estas medidas pueden variar considerablemente según el estado funcional de la visión. Así, en la **miopía** el diámetro anteroposterior puede alcanzar 29 mm y en la **hipermetropía**, disminuir hasta los 20 mm.

[1] Jacques Tenon, cirujano francés (1724-1816).

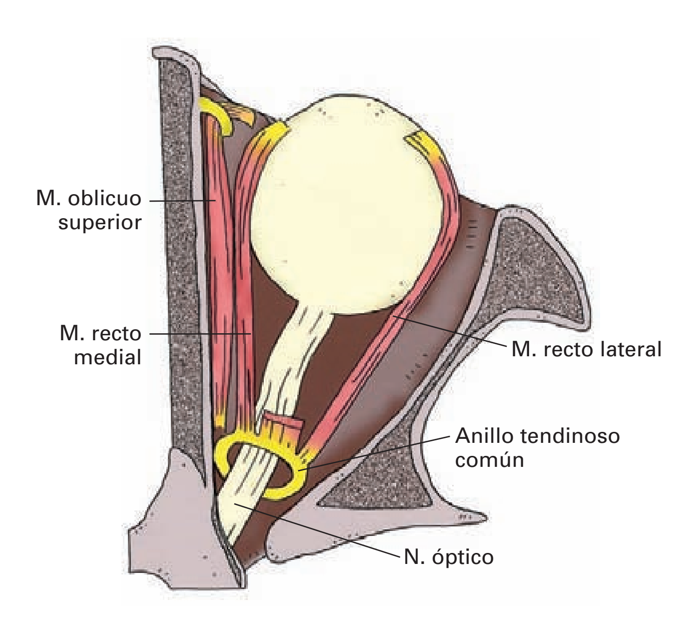


Figura 20-1. Globo ocular y nervio óptico en una visión superior de la cavidad orbitaria. Nótese el trayecto sinuoso del nervio óptico.

CAPAS DEL OJO

En el globo ocular se distinguen (Fig. 20-2) de fuera hacia dentro:

— Una capa o túnica fibrosa constituida por la esclerótica por detrás y la córnea por delante.
— Una capa o túnica vascular que comprende, desde atrás hacia delante, la coroides, el cuerpo ciliar y el iris, que se denomina tracto uveal.
— Una estructura nerviosa a modo de membrana, la retina, que se dispone por dentro de las dos túnicas citadas.

Túnica fibrosa

La capa fibrosa del globo ocular constituye la cápsula protectora del ojo y está formada por la esclerótica por detrás y la córnea en su parte más anterior.

Esclerótica

La **esclerótica** es un forro duro y opaco que protege con firmeza el globo ocular. Tiene 0.5 mm de espesor en su parte anterior y hasta 1 mm en su parte posterior, alrededor de la zona de salida del nervio óptico. Está constituida por tejido conjuntivo rico en fibras colágenas y elásticas. En conjunto es una estructura elástica que responde de manera plástica a la regulación de la presión intraocular.

El colaégeno es el material mas abundante en la esclerotica. Constituye el 75 % del peso total. Es de tipo I y II, si bien, en el polo posterior, a nivel de la papila y la lámina cribosa se encuentra además colágeno de tipo IV.

Las fibras colágenas de la esclerótica no mantienen la disposición paralela que caracteriza a las de la córnea (véase más adelante). En general, adoptan distintas posiciones que se adaptan a las necesidades de la zona. Así, alrededor del disco óptico (papila óptica) adoptan una disposición circunferencial, en la zona del espolón escleral próximo a la unión esclerocorneal adoptan una disposición reticular, mientras que en el resto de la esclerótica el predominio es de disposición reticular.

La esclerótica mantiene con las restantes estructuras del ojo importantes relaciones:

En la *parte anterior* se relaciona con la **conjuntiva**, la cual se refleja sobre ella desde la superficie profunda de los párpados.

La *parte interna* está unida a la coroides mediante la **lámina supracoroidea** en cuya composición abundan los fibroblastos y melanoblastos. En su parte anterior dicha lámina se inserta en el cuerpo ciliar mediante la **lámina supraciliar**.

La *parte posterior* se encuentra perforada por el **nervio óptico** el cual sale a unos 3 mm hacia el lado nasal del polo posterior. Esta zona de la esclerotica atravesada por los fascículos del nervio óptico se denomina **lámina cribosa de la esclerótica**. En la parte central de esta lámina cribosa, un orificio de mayor tamaño sirve de paso a la **vena** y la **arteria central de la retina**. La lámina cribosa se continúa con la vaina fibrosa del nervio óptico y, por lo tanto, con la duramadre que lo reviste. Alrededor de la zona de salida del nervio óptico, la esclerótica muestra numerosos orificios pequeños que permiten el paso de los **vasos** y los **nervios ciliares largos y cortos**.

Por delante se continúa directamente con la córnea mediante la **unión esclerocorneal** (Figs. 20-3 y 20-4) (**limbo**). En la superficie interna de esta zona de unión esclerocorneal existe un canal endotelial anular denominado **seno venoso de la esclerótica** (*conducto de Schlemm*). Esta hendidura se extiende por detrás hasta el espolón escleral formado por un reborde de tejido escleral que surge como un refuerzo del cuerpo ciliar para mantener la posición y el anclaje del cristalino.

En la unión esclerocorneal se fija la conjuntiva y finalizan los vasos sanguíneos.

Los *vasos esclerales* son escasos y se localizan sobre todo cerca del limbo. Los *nervios* son principalmente los de la córnea.

Córnea

La **córnea** es una estructura fibrosa en la que las fibras de colágeno se disponen paralelamente para que la luz pase

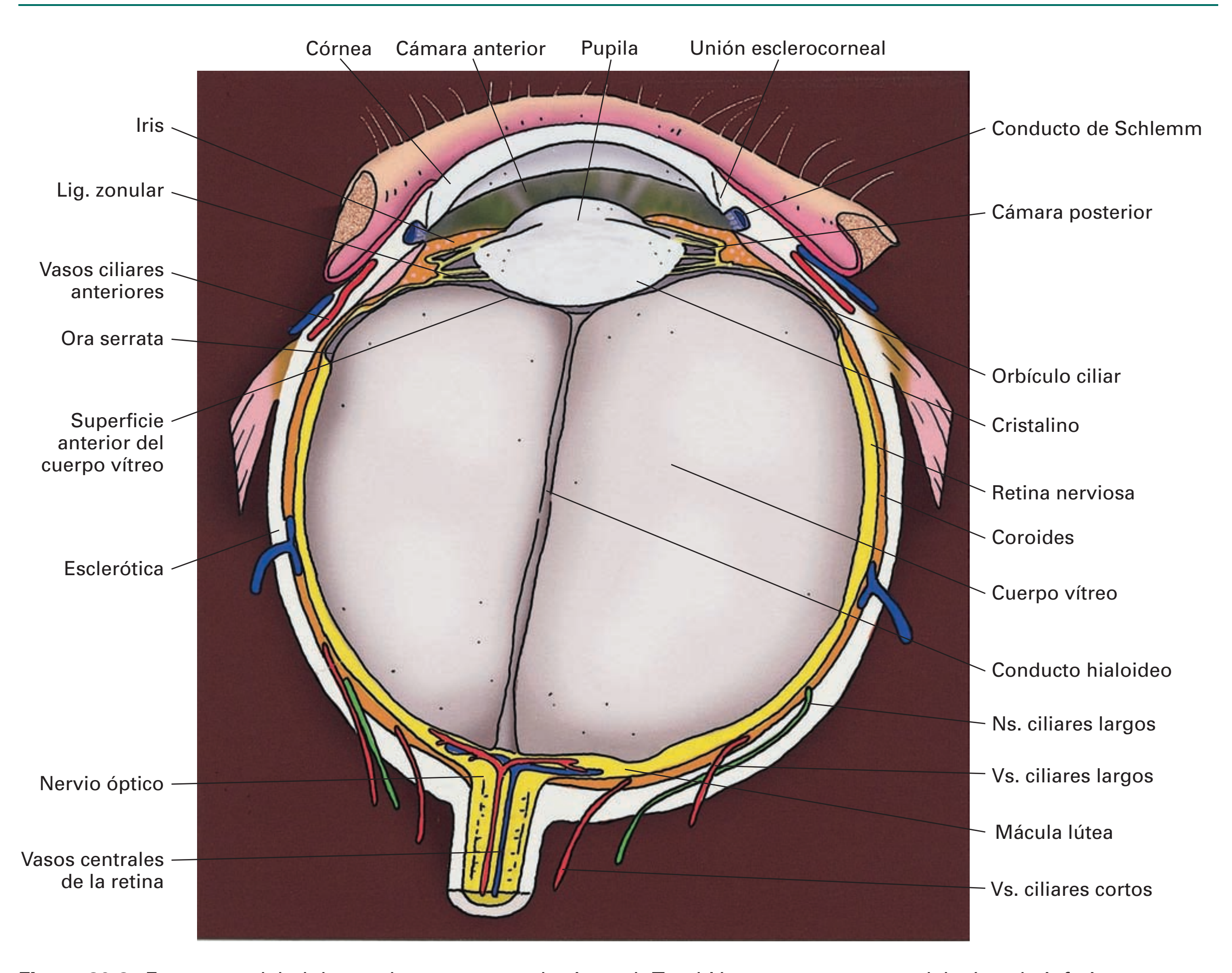


Figura 20-2. Estructura del globo ocular en un corte horizontal. También se muestra parte del párpado inferior.

fácilmente, constituyendo de esta forma un medio transparente que se proyecta desde la esclerótica como una elevación de convexidad anterior ocupando una parte del segmento anterior del globo ocular. La córnea vista de frente muestra una forma ligeramente ovalada en el sentido transversal.

Estructura

Se compone de cinco capas dispuestas anteroposteriormente de la siguiente manera:

El **epitelio corneal**, que recubre la superficie anterior. Está formado por varias capas de células; las más profundas son cilíndricas, mientras que a medida que nos acercamos a la superficie se hacen cada vez más planas. Muestra una superficie muy lisa para que la luz pase sin ninguna interferencia.

La **lámina elástica anterior** se ubica entre el epitelio corneal y la sustancia propia o estroma; está formada por fibrillas de colágeno más finas y menos ordenadas que las que existen más internamente en la sustancia propia.

La **sustancia de propia** o **estroma** forma la mayor parte de la córnea y está constiuida por fibrillas paralelas de colágeno tipo I con pequeñas cantidades de otros colágenos (III, V y VI) entremezcladas con glucoproteínas y glucosaminoglicanos.

La organización y orientación espacial de las fibras de colágeno es fundamental para mantener la transparencia de la córnea.

La **lámina elástica posterior** constituye una lámina elástica que recubre por detrás la sustancia propia. Es delgada y aparentemente homogénea. Se considera que es la lámina basal del endotelio y crece durante toda la vida.

El **endotelio corneal** reviste la superficie profunda de la córnea y se continúa con el que recubre el iris. Está formado por células poligonales aplanadas con algunas microvellosidades.

La córnea está bañada internamente por el **humor acuoso** y externamente por la **secreción lagrimal**. Estos líquidos tienen como objetivo mantener la transparencia de la córnea, al tiempo que intervienen en su nutrición al

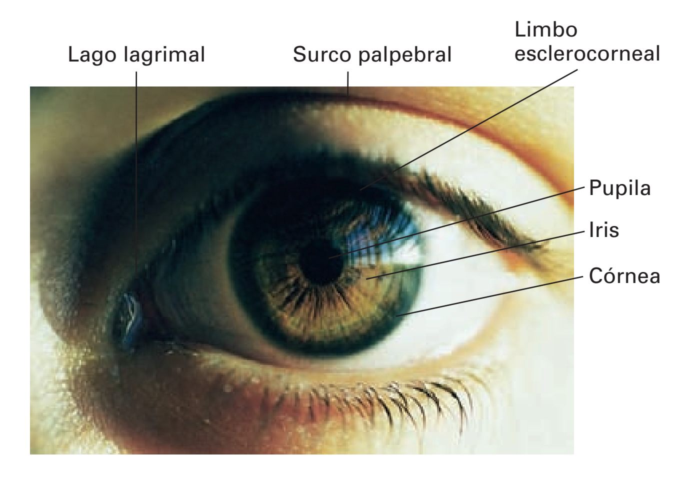


Figura 20-3. Segmento anterior del globo ocular.

ser ésta *avascular*, ya que de haber vasos éstos impedirían la visión. Dicha nutrición se realiza por mecanismos de difusión a partir de los capilares de la conjuntiva y la esclerótica que terminan cerca de su periferia.

Los *nervios*, muy abundantes, proceden del **nervio oftálmico** y forman un plexo anular alrededor de la periferia corneal, o entran radialmente hasta la sustancia propia. Las terminaciones de tipo doloroso son muy numerosas, de ahí que las úlceras corneales sean especialmente dolorosas. La córnea posee el mayor número de terminaciones nerviosas libres de toda la superficie del organismo. Las gruesas fibras mielínicas llegan hasta el limbo escleral donde forman un plexo. Las fibras que penetran en la córnea pierden la mielina, atraviesan el estroma y alcanzan el epitelio.

Datos sobre la córnea

Primera lente del sistema óptico: 43 dioptrías
Índice de refracción: 1.376
Radio de curvatura: 8.7 mm (área pupilar)
Espesor: 1 mm en periferia
0.57 a 0.72 mm en el centro
Diámetro de la cara anterior: 12 mm horizontal
11 mm vertical
Diámetro de la cara posterior: 12 mm

Tracto uveal

La túnica vascular o tracto uveal del ojo es una capa de origen fundamentalmente mesodérmico constituida por la coroides, el cuerpo ciliar y el iris.

Coroides

Es una capa muy vascularizada, de color marrón oscuro, que reviste la mayor parte de la retina y que se sitúa entre ésta y la superficie escleral interna. La coroides mantiene una unión laxa en toda su superficie externa con la esclerótica a través de lo que se denomina lámina supracoroidea, mientras que su cara interna aparece fuertemente adherida a la capa pigmentaria de la retina.

En la parte posterior del ojo, la coroides está perforada por el nervio óptico, donde en su periferia se une firmemente a la esclerótica. A nivel del disco óptico o papila, la coroides se continúa con las meninges internas (piamadre y aracnoides) que revisten el nervio óptico.

La coroides está constituida por tres capas; dos de ellas de carácter primordialmente vascular son la **lámina vascular externa**, formada por arterias y venas pequeñas pero con un importante flujo sanguíneo y la **lámina capilar intermedia**, ambas garantizan el aporte nutricio a las capas externas de la retina. Por dentro de estas capas vasculares, la coroides presenta una delgada **lámina basal** (2-4 mm) formada por fibras elásticas y por colágeno que se une fuertemente a la lámina basal de las células pigmentarias de la retina. Aunque su función no se conoce completamente, parece estar relacionada con el paso de sustancias nutrientes desde los capilares coroideos de la retina.

Cuerpo ciliar (Fig. 20-4)

El **cuerpo ciliar** se continúa directamente con la coroides por detrás y con el iris por delante. Al corte presenta un aspecto triangular. Su cara externa se relaciona con la esclerótica, y la cara interna y la cara anterior se proyectan hacia el sistema suspensorio del cristalino, el iris y la córnea.

Por su lado interno muestra una periferia dentada o festoneada donde se continúa con la coroides y la retina (**ora serrata**). Por delante, se une al **ángulo iridocorneal** de la cámara anterior.

Tiene una parte anterior plegada, la **corona ciliar**, que rodea la base del iris, y por detrás de ella existe una parte lisa anular, el **orbículo ciliar**. La corona ciliar está surcada meridionalmente por 70-80 **procesos ciliares** separados por surcos menores denominados **pliegues ciliares**. Los procesos ciliares son pelotones vasculares donde se forma continuamente un trasudado que se vierte como *humor acuoso* a la cámara posterior del ojo (véase más adelante); parte del trasudado se reabsorbe por el sistema venoso de los propios procesos ciliares.

El cuerpo ciliar contiene en su espesor el **músculo ciliar**, en el que se distinguen diferentes tipos de fibras: **fibras meridionales** (*músculo de Brücke*)[2], **fibras radiales** y **fibras oblicuas** y **circulares** (*músculo de Müller*)[3]. Gran

[2] Ernst Wihelm von Brucke, anatomista y fisiólogo alemán (1819-1892).

[3] Johames Peter Müller, médico alemán, impulsor de la fisiología y profesor de la Universidad de Berlín (1801-1858).

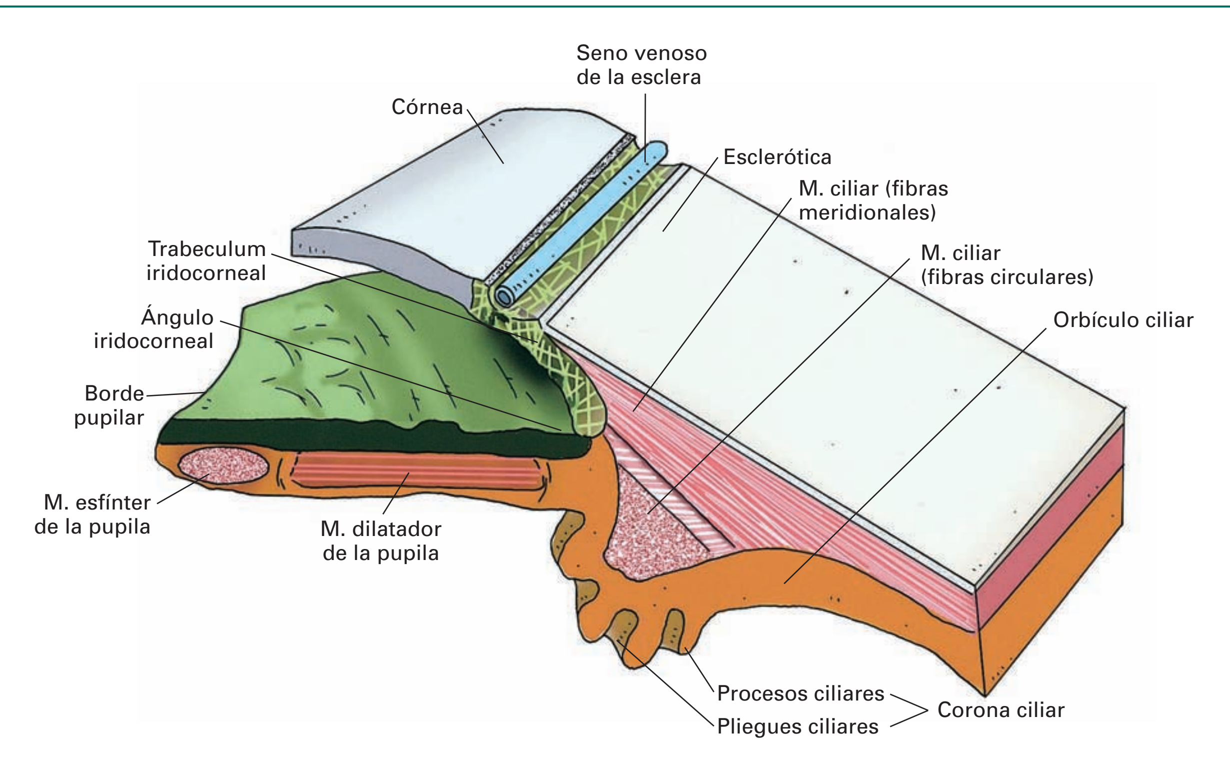


Figura 20-4. Región del ángulo iridocorneal. La unión entre la esclerótica y la córnea ha sido abierta para observar el seno venoso de la esclera (*conducto de Schlemm*) y el trabeculum iridocorneal (*espacios de Fontana*).

parte de las fibras del músculo ciliar se insertan en el espolón escleral.

Inervación: en el músculo y en el cuerpo ciliar se observan fibras nerviosas mielínicas y amielínicas. Las amielínicas son fibras parasimpáticas posganglionares que proceden del ganglio oftálmico mediante los **nervios ciliares cortos**; las fibras preganglionares llegan al ganglio por el nervio oculomotor procedentes del núcleo oculomotor accesorio del mesencéfalo.

Es posible que existan algunas fibras de tipo simpático cuyo papel funcional se desconoce en gran medida. No obstante, en animales de experimentación, la estimulación del simpático cervical produce relajación de la acomodación. Es decir, el cristalino se aplana, pero ello no justifica totalmente su función, pues podría deberse a la vasoconstricción del cuerpo ciliar, lo que tracciona y tensa la zónula modificando el cristalino.

Funciones del cuerpo ciliar

Suspensión del cristalino. Lo realiza mediante la **zónula ciliar** (*zónula de Zinn*[4], o *ligamento suspensorio*). Es un conjunto de fibras conectivas (**fibras zonulares**) separadas entre sí por **espacios zonulares** que se insertan por detrás de los procesos ciliares y se irradian hacia la cápsula cristalina.

Acomodación visual. La actividad del músculo ciliar modifica los diámetros del cristalino a través de la zónula ciliar. La contracción de las fibras del músculo ciliar por efecto del sistema nervioso parasimpático produce la aproximación del cuerpo ciliar al cristalino, lo que conlleva relajación de las fibras zonulares y de la cápsula cristalina; la consecuencia es un abombamiento anteroposterior del cristalino para la acomodación visual a las distancias cortas.

Formación del humor acuoso por los procesos ciliares.

Iris (Figs. 20-3 y 20-4)

El **iris** es la porción más anterior del tracto uveal y se puede definir como un diafragma que regula el paso de la luz hacia la retina a través de un orificio central, la **pupila**. El iris no es un diafragma plano, pues el cristalino determina que se abombe en dirección anterior formando un cono aplanado, cortado por el orificio pupilar. El diámetro de la pupila varía entre 1 y 8 mm según las condiciones funcionales del ojo respecto a la intensidad de luz. No obstante, el margen de contracción (*miosis*) o dilatación (*midriasis*) de la pupila puede ser mucho más amplio bajo la acción de algunos fármacos.

Situado entre la córnea y el cristalino, el iris se encuentra bañado permanentemente por humo acuoso y sirve de frontera entre las cámaras anterior y posterior del ojo. En esta última protruyen los procesos ciliares entre las divisiones de las fibras zonulares.

[4] Johann Zinn, anatomista alemán (1727-1759).

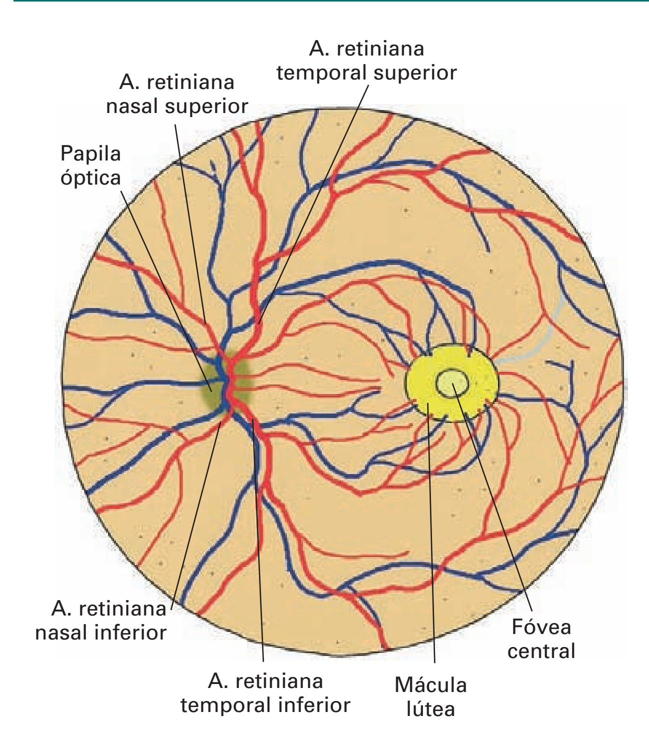


Figura 20-5. Detalles de la retina en un fondo de ojo.

El color del los ojos se debe al iris. Aunque su nominación hace referencia al arco iris, la gama de colores sólo se extiende desde el azul claro al marrón muy oscuro, y puede variar entre los dos ojos o incluso en un mismo iris. El color se debe al efecto del tejido conectivo que lo forma y a las células pigmentarias que lo revisten. La distribución del pigmento suele ser irregular, por lo que le confiere un aspecto maculoso o en flecos.

Estructura

La estructura del iris es parecida a la del cuerpo ciliar, sólo que, además, está revestido en su superficie anterior por un endotelio semejante al que reviste la córnea, y la superficie posterior lo está, al igual que el cuerpo ciliar, por el epitelio interno pigmentado de la retina.

El estroma del iris está muy vascularizado. Sus vasos proceden de las **arterias ciliares anteriores** y **posteriores largas** y de las **arterias de los procesos ciliares**, que cuando alcanzan el borde del iris se dividen y anastomosan con las del lado opuesto para formar el **círculo arterial mayor**. De él surgen **ramas radiales** que confluyen alrededor de la pupila formando el **círculo arterial menor**.

Músculos lisos del iris

La red arterial radiada va acompañada de fibras musculares lisas, de trayecto meridional, que constituyen el **músculo dilatador del iris**.

Detrás del círculo arterial menor se sitúa un anillo plano de músculo liso cuyas fibras pasan circunferencialmente alrededor de la pupila. Éstas constituyen el **músculo esfínter de la pupila**.

Inervación

El músculo dilatador del iris recibe fibras amiélinas posganglionares simpáticas que proceden del ganglio cervical superior.

Posiblemente, el plexo simpático carotídeo interno envía fibras que atraviesan el ganglio oftálmico y llegan al músculo por los nervios ciliares cortos. Otras fibras llegan por los nervios ciliares largos.

El músculo esfínter liso de la pupila recibe fibras parasimpáticas posganglionares del ganglio oftálmico mediante los nervios ciliares cortos. Las fibras preganglionares proceden del núcleo oculomotor accesorio del mesencéfalo a través del nervio oculomotor.

Algunas fibras parasimpáticas amiélinicas parecen penetrar por los nervios ciliares largos del nervio nasociliar.

El tamaño de la pupila varía con numerosos factores: edad, estado de la inervación vegetativa del sujeto, estado de la visión cercana o lejana, grado de la luz, etc.

Las dos pupilas deben reaccionar al unísono ante los estímulos (por ejemplo, el haz de luz de una linterna). La diferencia entre el diámetro de ambas pupilas (*anisocoria*), o la falta de reacción a la luz, es signo de graves alteraciones cerebrales.

Retina

La **retina** es una membrana sensorial nerviosa que se sitúa por dentro del globo ocular entre la coroides por fuera y la membrana hialoidea del cuerpo vítreo por dentro.

En la parte posterior del globo ocular, la retina se continúa con el nervio óptico, mediante el **disco óptico (papila)**. Se trata de una zona especializada, en la que las capas celulares se interrumpen para dejar pasar los axones de las células ganglionares que forman el nervio óptico.

En la parte anterior del globo ocular la retina se adelgaza progresivamente (**ora serrata**) hasta quedar reducida a un epitelio cilíndrico revestido externamente por la capa pigmentaria de la retina que tapiza las superficies internas del cuerpo ciliar (**porción ciliar de la retina**) y del iris (**porción iridiana de la retina**). Esta porción de la retina, no sensible, dispuesta por delante de la ora serrata, se denomina **porción ciega**.

En la ora serrata de algunos vertebrados superiores se han descrito células madre capaces de reemplazar los receptores y las neuronas retinianas.

En el fondo de la retina, en su parte posterior, se distinguen dos detalles anatómicos importantes (Fig. 20-5).

Cerca del centro se observa una zona amarillenta y oval, la **mancha amarilla** o **mácula lútea**, en cuyo centro se observa una depresión, la **fóvea central**, donde la resolución visual es máxima. A unos 3 mm del lado nasal de la mácula lútea, se encuentra el **disco óptico** o **papila**, una zona redondeada de 1.5 mm de diámetro por donde sale el nervio óptico. En este punto la retina se adelgaza e interrumpe sus capas. El borde del disco aparece algo elevado (*zona peripapilar*), mientras que en el centro se observa una depresión a través de la cual los vasos centrales de la retina perforan esta zona para entrar y distribuirse por ella.

> Con el oftalmoscopio se pueden observar todas estas regiones, de modo que la papila aparece de color rosado más pálido que el resto de la retina. En la atrofia óptica los vasos capilares desaparecen y el disco óptico se observa de color blanco.

El grosor de la retina oscila entre 0.1 mm en la periferia y 0.6 mm en las zonas más desarrolladas de la retina central. En la fóvea, la retina es también muy delgada; faltan algunas capas y se puede ver la coroides a través de ella.

Estructura (Fig. 20-6)

La complejidad neuronal de la retina y la organización sináptica que alcanzan sus células determinan que a esta estructura se la pueda considerar como un modelo especializado de la corteza cerebral dedicado a la detección, análisis y procesamiento de la información visual. Ésta es la función esencial que justifica toda la organización anatómica del globo ocular. Todas las estructuras que se estudian en este capítulo están hechas para que la retina reciba los estímulos visuales en las mejores condiciones y con la amplitud del campo visual que el organismo necesite para su óptimo funcionamiento. La retina analiza y procesa la información que recibe y la convierte en señales que, a través del nervio óptico, se proyectan a través de centros intermedios a la corteza cerebral para su interpretación.

La retina es un derivado ectodérmico, igual que el sistema nervioso central. Se forma a expensas de la vesícula óptica invaginada del embrión. La capa externa de la vesícula forma la lámina de células pigmentarias, mientras que la capa interna da lugar a un neuroepitelio del cual se desarrollan progresivamente células sensoriales y nerviosas que se organizan en capas.

Tipos de células retinianas

Hay células especializadas para la recepción visual como son los **fotorreceptores**: **conos** y **bastones**) y neuronas similares a las que se encuentran en el SNC, donde se distinguen dos tipos: **neuronas de proyección** y **neuronas de asociación** (*interneuronas*). Las neuronas de proyección son las **células bipolares** y las **células ganglionares**. Los axones de estas últimas forman la mayor parte de las fibras del nervio óptico. Entre las neuronas de asociación cabe distinguir dos grandes poblaciones: las **células horizontales** y las **células amacrinas**. Además, existen en menor proporción otras interneuronas como las **células interplexiformes**.

Células gliales: en general, en la retina de los vertebrados existen todos los tipos de células gliales presentes en el SNC. Hay macroglía representada por **astrocitos**, oligodendrocitos (la retina humana al ser amielínica carece de oligodendrocitos) y, sobre todo, unas células consideradas clásicamente como astrocitos modificados, las **células de Müller**. También existen células de la **microglía** encargadas de realizar, entre otras funciones, las propias de los macrófagos.

Capas de la retina

La retina está formada por 10 capas, que de fuera adentro son:

1) Epitelio pigmentario
2) Capa de conos y bastones
3) Membrana limitante externa
4) Capa nuclear externa
5) Capa plexiforme externa
6) Capa nuclear interna
7) Capa plexiforme interna
8) Capa de células ganglionares
9) Capa de fibras del nervio óptico
10) Membrana limitante interna

Epitelio pigmentario

Está formado por una capa continua simple de células cuboideas dispuestas bajo la lámina basal de la coroides. Reviste la superficie externa de toda la retina neuronal u óptica y en su periferia más anterior se continúa con el epitelio ciliar. En un corte perpendicular a la retina estas células aparecen como rectángulos planos, mientras que la imagen superficial muestra formas hexagonales. El extremo interno de las células pigmentarias posee microvellosidades que establecen contactos y se proyectan entre los extremos externos de los conos y bastones.

Estas células contienen *melanina* y restos fagocitados de los segmentos externos de los fotorreceptores. Entre el epitelio pigmentario y la retina neural existe una sustancia viscosa rica en glucosaminoglicanos que posiblemente sirve como conductor iónico y como adhesivo entre la retina neural y la pigmentaria.

Las células de la retina pigmentaria realizan una serie de actividades fundamentales para la visión. En primer lugar, llevan a cabo la *fagocitosis* de las partes terminales

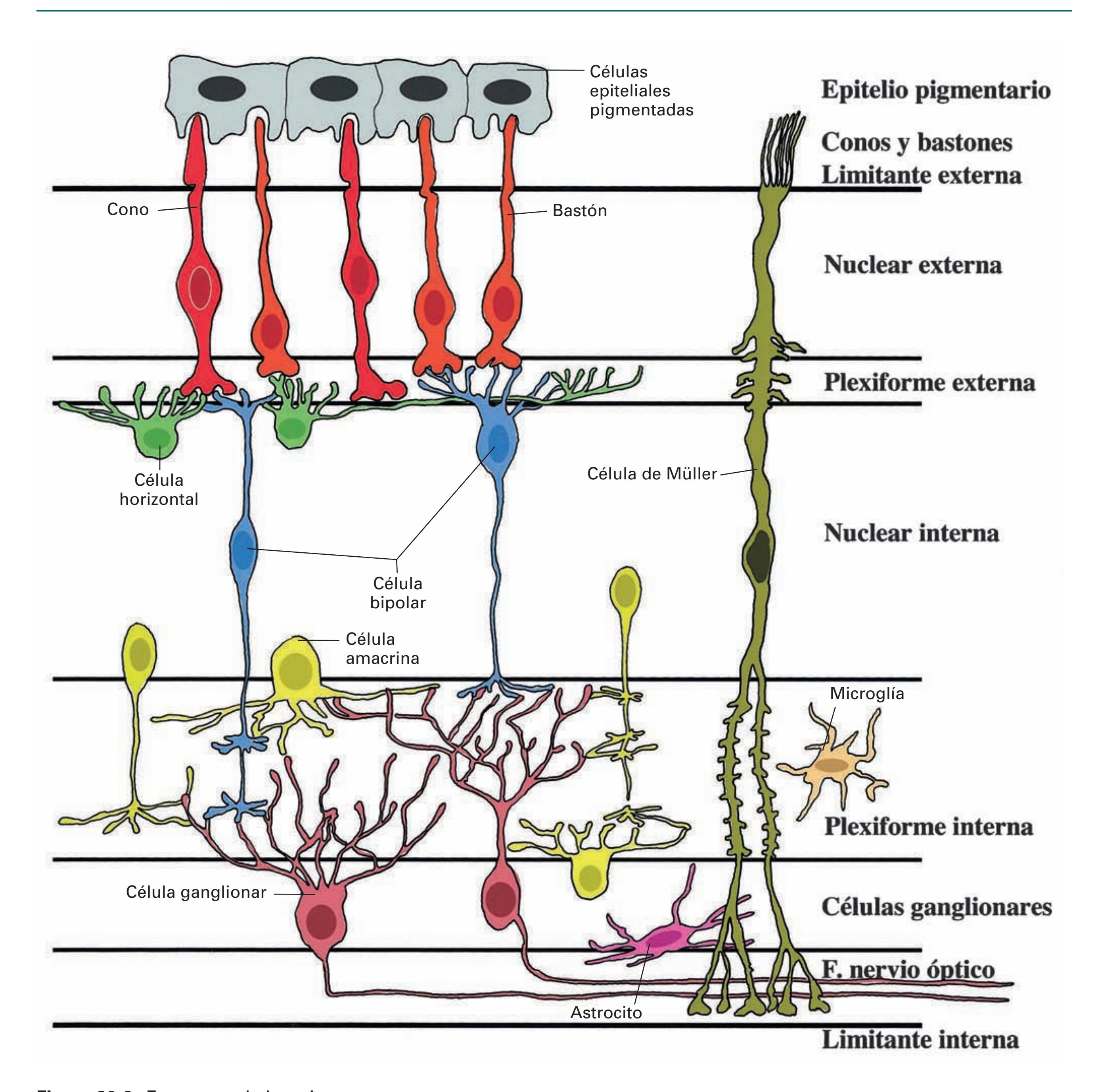


Figura 20-6. Estructura de la retina.

de los segmentos de conos y bastones, contribuyendo a la renovación de las células sensoriales. El fracaso de este proceso determina la aparición de ceguera. En segundo lugar, el epitelio pigmentario actúa como un *dispositivo antirreflectante* que evita lá pérdida de definición de la imagen. La luz muy intensa puede dañar las células pigmentarias y causar degradación del epitelio. En tercer lugar, este epitelio actúa de *barrera hemorretiniana* entre la retina y la coroides, contribuyendo a que el ojo sea un compartimento inmunológicamente estanco.

Células fotorreceptoras (conos y bastones)

Son células alargadas, orientadas radialmente, que constan de una porción externa (orientada hacia el epitelio pigmentario), una porción central en la que se encuentra el núcleo y una porción interna. En la porción externa se distinguen un segmento externo y un segmento interno del fotorreceptor. La porción interna finaliza en un ensanchamiento a modo de pedículo (en el caso de los conos) o de esférula (en el caso de los bastones), por donde la célula

fotorreceptora mantiene sinapsis con las células bipolares y horizontales. En la Figura 20-6 se puede apreciar la morfología de los fotorreceptores según se trate de conos o bastones. Éstos se diferencian principalmente por la forma de sus segmentos externos y por la forma de terminar en la capa plexiforme externa (pedículo o esfera).

Los segmentos externos de los fotorreceptores se encuentran formados por sacos membranosos discoidales (discos) apilados como monedas y rodeados de una membrana celular. Los discos se forman continuamente y son desplazados a lo largo del segmento externo en dirección al epitelio pigmentario, donde son fagocitados. La renovación de los discos garantiza las condiciones óptimas de las células para comportarse como estructuras fotosensibles, pues la luz y otros factores ambientales van deteriorando progresivamente las estructuras moleculares fotosensibles.

Proceso de captación de la luz por los fotorreceptores

La membrana de los discos de los fotorreceptores contiene moléculas de rodopsina incorporada a una bicapa lipídica; cuando la rodopsina es activada por la luz, cataliza y activa una serie de proteínas y enzimas, respectivamente, que determinan cambios en la permeabilidad de la membrana a los iones sodio. Estos cambios producen una hiperpolarización en el área sináptica que inhibe la liberación del neurotransmisor sobre la célula bipolar. Este hecho se produce continuamente en la oscuridad. El sistema de captación de señal que utilizan los fotorreceptores es muy sensible. Un bastón es capaz de detectar una mínima cantidad de luz (3 ó 4 fotones).

Los conos (aproximadamente 6-7 millones en cada retina) son responsables de la resolución espacial y de la visión de los colores, mientras que los bastones (aproximadamente 120-130 millones en cada retina) poseen una elevada sensibilidad monocromática. En función de la sensibilidad espectral se distinguen tres tipos de conos: rojo, verde y azul. Aunque conos y bastones existen en todas las zonas de la retina, el mayor número de conos se observa en la retina central y sobre todo en la fóvea donde la agudeza visual es máxima. Los bastones muestran una distribución casi inversa a la de los conos.

Neuronas de la retina

El número de fotorreceptores es superior al número de **neuronas de proyección** (**bipolares y ganglionares**). Se calcula que existen alrededor de un millón de células ganglionares por retina. Por lo tanto, numerosos fotorreceptores participan en la activación final de una única vía axónica en el nervio óptico.

Los fotorreceptores sinaptan con las células bipolares a nivel de la capa plexiforme externa y éstas con las células ganglionares a nivel de la capa plexiforme interna. Se distinguen dos vías de transmisión vertical en la retina, una de conos y otra de bastones.

Esta transmisión vertical está modulada tangencialmente por las **neuronas de asociación**: las células horizontales en la capa plexiforme externa y las células amacrinas en la plexiforme interna.

Células bipolares

Las **células bipolares** se disponen, al igual que los fotorreceptores, de manera radial. A partir del cuerpo celular, donde se aloja el núcleo, se distinguen dos prolongaciones. Una es externa, y alcanza la capa plexiforme externa, donde se ramifica en varias dendritas que sinaptan con los fotorreceptores y con las células horizontales. La otra interna es el axón y se dirige hacia la capa plexiforme interna, donde se ramifica en numerosas expansiones tangenciales que sinaptan con las células ganglionares y las amacrinas.

En la mayoría de los vertebrados hay 8 a 10 tipos de células bipolares según su morfología, pero al igual que ocurre con las demás células nerviosas retinianas, no se ha podido establecer una relación morfofuncional completa para cada tipo. Por ello, se suelen agrupar según su conectividad con los fotorreceptores en dos tipos: *células bipolares para conos* y *células bipolares para bastones.*

Como ya hemos señalado, en la oscuridad los conos y bastones producen la máxima liberación de neurotransmisores, y cuando la luz incide sobre ellos se reduce o cesa la liberación. Cuando se libera el neurotransmisor en los fotorreceptores, las células bipolares «OFF» se despolarizan y las células bipolares «ON» se hiperpolarizan. Ocurre lo contrario cuando los fotorreceptores son iluminados. De esta manera, la despolarización de las células bipolares produce liberación de neurotransmisores en su terminal axónica en la capa plexiforme interna, mientras que la hiperpolarización detiene la liberación del neurotransmisor.

Células ganglionares

Las **células ganglionares** son neuronas multipolares que recogen con sus dendritas los estímulos procedentes de las células bipolares y amacrinas en la capa plexiforme interna, y envían esta información al SNC mediante sus axones. Por lo tanto, las células ganglionares representan el último eslabón funcional de la retina a través del cual ésta envía los estímulos nerviosos originados a partir de la fotoestimulación hacia distintos centros del SNC (véase Tomo II de esta obra).

Los cuerpos de las células ganglionares se encuentran formando una hilera celular por dentro de la capa plexiforme interna. Tienen un tamaño mayor que el resto de las neuronas de la retina. Son más abundantes en la retina

central y en la mácula, donde se distribuyen formando varias hileras celulares.

Existen numerosos tipos de células ganglionares descritas según diferentes criterios y técnicas de investigación. Desde un punto de vista funcional, cabe distinguir los tipos «ON» y «OFF», según sus dendritas terminen en los estratos «ON» y «OFF» de las células bipolares en la capa plexiforme interna.

Neuronas de asociación

Las **células horizontales** son interneuronas cuyos cuerpos celulares se localizan en la parte más externa de la capa nuclear interna. Sus dendritas y axones se ramifican en la capa plexiforme externa; allí establecen sinapsis con las bases de los conos y bastones y con las células bipolares. También se comunican entre sí a través de sus dendritas.

Las conexiones que realizan con los fotorreceptores y con las células bipolares son de naturaleza inhibidora y el neurotransmisor que utilizan es el ácido γ-aminobutírico (GABA). Parece que estas células intervienen principalmente facilitando el contraste e incrementando la resolución visual.

En la mayoría de los vertebrados existen tres tipos de células horizontales. En los primates y en el ser humano se han descrito dos clases HI y HII. El tercer tipo HIII se ha descrito recientemente. Sobre estas células existen muchas incógnitas. Así, su terminal axónica tiene proteínas típicas de las células gliales y no de neuronas. Es muy rica en filamentos intermedios e incluso expresa distintas proteínas sólo presentes en los axones mielínicos; sin embargo, los axones de estas células carecen de mielina.

Las **células amacrinas** fueron denominadas así por Cajal porque carecían de axón y, por lo tanto, se salían del patrón propuesto en la teoría neuronal. Las dendritas de las células amacrinas establecen sinapsis aferentes y eferentes comportándose como axones o como dendritas.

Las células amacrinas tienen su cuerpo en el tercio más interno de la capa nuclear interna, donde realizan sinapsis con las células bipolares y ganglionares y reciben sinapsis de otras células amacrinas y de los axones de las células bipolares. Expresan numerosos neurotransmisores inhibidores y excitadores (GABA, glicina, acetilcolina, somatostatina, dopamina, serotonina y péptido intestinal vasoactivo).

Existen diferentes tipos de células amacrinas que no se han podido relacionar completamente con funciones específicas. Las células amacrinas de tipo II transmiten señales procedentes de las células bipolares para bastones a las células ganglionares y, por lo tanto, son fundamentales en la vía de los bastones. En general, se acepta que las células amacrinas son moduladoras de esta vía y registran el color y la luminosidad en condiciones de la luz cambiante durante el día. También se cree que participan en la detección del movimiento direccional. Existen **células amacrinas desplazadas** entre los cuerpos de las células ganglionares.

Las **células interplexiformes** constituyen el tercer tipo de interneuronas retinianas. Utilizan dopamina y se encuentran en la capa nuclear interna. Interconectan las células bipolares.

Células gliales

La retina humana contiene **células de Müller**, **astrocitos** y **microglía**. No contiene oligodendrocitos, pues, a diferencia de otros vertebrados mamíferos, la capa de fibra del nervio óptico carece de fibras amielínicas.

La **célula de Müller** es una célula glial especial que se ha definido como un astrocito modificado. Es capaz de desempeñar las funciones de los astrocitos, oligodendrocitos y ependimocitos. Puede realizar las funciones de las células microgliales y, durante el desarrollo, se comporta como una célula glial radial para dirigir la migración neuronal.

Funcionalmente, se comportan como astrocitos, mantienen la estabilidad del entorno extraneuronal y actúan en la captación de neurotransmisores, la eliminación de residuos, el almacenamiento de glucógeno y el aislamiento eléctrico.

Las células de Müller adoptan una disposición radial. Su cuerpo se localiza en la mitad de la capa nuclear interna y de él parten dos prolongaciones: una externa que se extiende mas allá de la membrana limitante externa, donde proyecta numerosas microvellosidades entre los segmentos de los fotorreceptores; la otra prolongación se dirige internamente y se ramifica en las capas más internas de la retina en diversas ramas que finalmente alcanzan la membrana limitante interna. Las membranas limitantes de la retina resultan de la fusión de las láminas citoplásmicas de los extremos de las células de Müller.

En la membrana limitante interna los pies de estas células y las prolongaciones de los astrocitos se interdigitan formando una verdadera barrera que protege y separa la capa de fibras del nervio óptico del cuerpo vítreo. En las capas plexifomes emite prolongaciones tangenciales.

Vascularización de la retina

El disco óptico permite el paso de los axones de las células ganglionares que forman el nervio óptico. También entran y salen los vasos sanguíneos de la retina dividiéndose en distintas ramas que alcanzarán sus cuadrantes.

Esta región y estos vasos se pueden observar con el **oftalmoscopio** y, por lo tanto, representan una zona

de gran importancia clínica. Un ejemplo de ello es que cuando aumenta la presión intracraneal por alguna causa, ésta se transmite a través del espacio subaracnoideo alrededor del nervio óptico y comprime la vena central de la retina produciendo un edema del disco óptico (**papiledema**). Este signo es a veces el primer indicador de una enfermedad cerebral importante.

La retina se encuentra situada entre dos circuitos arteriales y venosos: por fuera los **vasos ciliares de la coroides** y por dentro los **vasos centrales de la retina**. Los primeros nutren las capas más externas y los segundos, las intermedias e internas.

La **arteria central de la retina** (rama de la arteria oftálmica) entra en la retina por el disco óptico y se divide en una rama superior y otra inferior, las cuales, después de varios milímetros, dan las **ramas nasales** y **temporales superior** e **inferior** (Fig. 20-5).

Las venas hacen lo mismo y se reúnen para formar la **vena central de la retina**, aunque su trayectoria no coincide exactamente con la de las arterias. Este hecho motiva que arterias y venas se crucen frecuentemente.

Durante las crisis de hipertensión grave, las arterias pueden presionar en estas zonas sobre las venas originando retenciones sanguíneas y dilataciones de sus extremos distales, visibles con el oftalmoscopio.

Las arterias se ramifican hacia el interior de la retina alcanzando hasta la capa nuclear interna donde retornan hacia las venas, que siguen trayectos parecidos.

El circuito externo está formado por los vasos ciliorretinales, los cuales son ramas finas de las **arterias** y **venas ciliares posteriores**. Estos vasos penetran en la retina y llegan a realizar anastomosis con ramas de la arteria central.

MEDIOS REFRINGENTES DEL OJO

El globo ocular se ha adaptado a lo largo de la evolución para recibir con precisión la información luminosa del exterior. Como los receptores se encuentran en la retina, los haces lumínicos deben atravesar los distintos componentes del globo ocular hasta alcanzar el fondo del mismo. La información luminosa debe alcanzar la fóvea macular con el menor grado posible de distorsión y con el grado máximo de intensidad. Podemos definir que la visión en este punto, *visión central* o *macular*, es una visión con escasas interferencias. El eje óptico coincide con este punto que se denomina de fijación.

Para que la luz alcance los fotorreceptores del fondo ocular, la evolución ha conseguido crear un conjunto de estructuras cuya principal propiedad física es su *transparencia*; a este conjunto de elementos se le denomina **sistema dióptrico ocular**. Este sistema permite que la luz incida sobre la retina y a través de sucesivas lentes (córnea y cristalino) consigue refractar los haces luminosos para que se concentren en el eje central de visión.

La transparencia está regulada por diversos procesos fisiológicos, por la circulación del humor acuoso y por algunas características del sistema, tales como la organización regular de sus tejidos y la carencia de vasos sanguíneos. Las agresiones de los medios transparentes oculares pueden ocasionar lesiones opacificantes de difícil solución.

Desde el punto de vista óptico, el segmento anterior del globo ocular se comporta como una lente convexa. Así, los haces lumínicos que inciden sobre la superficie más anterior, la córnea, son refractados hacia el eje visual, de tal modo que los haces más periféricos son desplazados al centro pupilar, mientras los centrales inciden perpendicularmente y no se desvían.

Dependiendo de la intensidad de luz, el sistema óptico posee un diafragma, el iris, que mediante un reflejo neural se adapta a las condiciones de luz ambiental abriéndose (*midriasis*) o cerrándose (*miosis*). De igual forma, cuando la información que se precisa es de mayor definición (*visión próxima*) el diafragma iridiano se cierra y permite que el número de haces sobre la mácula sea menor, por lo que la información es más selectiva.

La **córnea** se ha analizado con las túnicas del ojo. Digamos aquí, únicamente, que es la primera superficie con la que contactan los rayos lumínicos al penetrar en el globo ocular, por lo que es la primera superficie refractante. Al ser tan diferente el índice de refracción entre un medio (aire) y otro (la córnea), la desviación de los haces lumínicos es la mayor de todo el sistema óptico.

Circulación del humor acuoso

La tensión ocular es un factor de gran interés en el mantenimiento de la forma del globo ocular. Al mismo tiempo, una hidrodinámica adecuada del humor acuoso es fundamental para la función óptica. Para que se produzca una refracción adecuada, el globo ocular debe mantener una tensión de aproximadamente 18 mmHg que permita una convexidad adaptada a la función visual. Por tanto, el equilibrio entre la producción y la eliminación del **humor acuoso** es fundamental para cumplir con esta función. Debemos conocer, pues, morfológicamente dónde se produce, cómo circula y cómo se elimina del globo ocular el humor acuoso.

El segmento anterior del globo ocular está dividido en una **cámara anterior** y otra (Figs. 20-2; 20-4) **posterior**. La córnea forma el límite anterior de la cámara anterior. El límite posterior lo forma el iris, cuya porción central (la pupila) está abierta y comunica libremente con la cámara posterior. Ésta está limitada por la cara posterior del iris y la cara anterior del vítreo. Entre una y otra cámara se establece un circuito de flujo continuo de humor acuoso.

El humor acuoso se forma continuamente en los **procesos ciliares**. Son formaciones epiteliales y vasculares similares a los plexos coroideos. Filtran del plasma sanguíneo un trasudado de composición parecida al líquido cefalorraquídeo que vierten a la cámara posterior. Su riqueza en moléculas nutricionales y en oxígeno y otros elementos iónicos permiten el intercambio metabólico de las estructuras avasculares del sistema óptico.

El líquido circula a través de la pupila hacia la cámara anterior. El flujo se dirige en forma centrífuga hacia el ángulo formado entre el iris y la córnea, donde drena hacia el **trabeculum iridocorneal**, de éste hacia el **seno venoso de la esclerotica** (**conducto de Schlemm)** y desde aquí hacia las venas del humor acuoso, donde alcanza la circulación sanguínea. Este sistema funciona como válvula de presión, actuando de forma similar a las granulaciones aracnoideas meníngeas.

> Las alteraciones del equilibrio de producción y excreción del humor acuoso crean situaciones patológicas de gran interés. Tanto el aumento de la presión (**glaucoma**) como la disminución (**hipotonía ocular**), causan problemas que repercuten directamente en la morfología y las propiedades ópticas del sistema.
>
> Las alteraciones en uno u otro sentido pueden establecer síndromes patológicos conducentes a lesiones permanentes. Así, por ejemplo, en el glaucoma la deformación producida provoca un aumento de la presión vítrea, que a su vez se transmitirá sobre la retina y el nervio óptico. Como consecuencia, la presión arterial es menor que la presión intraocular, por lo que los vasos sanguíneos no podrán aportar sangre al interior del globo ocular, con nefastas consecuencias sobre el tejido retiniano. Cuando este aumento de presión se produce de forma repentina (**glaucoma agudo**) el dolor llega a ser tan insoportable que clásicamente se describe popularmente como «dolor de clavo».

Cristalino (Fig. 20-2)

El **cristalino** está situado entre la cara posterior del iris y la anterior del vítreo. Ocupa la cámara posterior. El cristalino, envuelto por una **cápsula**, está sostenido por los tractos fibrilares de la **zónula ciliar** (*zónula de Zinn*), que tiene su punto de partida en las prolongaciones de la lamela zonular del cuerpo ciliar. Dependiendo de la acción del músculo ciliar, la zónula está tensa o relajada.

El cristalino presenta una **cara anterior** con un **polo anterior** y una **cara posterior** con un **polo posterior**. Las caras está separadas por un borde circunferencias denominado **ecuador**. La línea que une los polos constituye el **eje** del cristalino.

El cristalino actúa como una segunda lente del sistema dióptrico ocular, con un poder de refracción menor (19 dioptrías) que la primera lente convexa formada por la córnea (43 dioptrías). Es una lente dinámica, capaz de adaptarse por deformación mediante el reflejo de acomodación, como un sistema de enfoque, para que la información visual incida sobre el plano de la mácula. Durante el proceso de acomodación, la cara anterior del cristalino aumenta su curvatura anterior. Al relajarse la fibras de la zónula por contracción del músculo ciliar, la configuración del cristalino se aproxima más a la forma esférica gracias a la elasticidad de la cápsula del cristalino. De esta manera aumenta su poder de refracción durante la transición a la visión próxima.

Al comportarse ópticamente como una lente convexa, el cristalino refracta los haces lumínicos invirtiendo la imagen que se proyecta en la retina.

Estructura

Para comprender la estructura del cristalino debemos recurrir a su desarrollo embrionario. La vesícula cristalina del embrión tiene una forma casi esférica, con un epitelio anterior y otro posterior que delimitan una cavidad. Al final de la sexta semana las células del epitelio posterior comienzan a alargarse en un primer paso hacia su transformación en fibras cristalinas que ocluyen la cavidad de la vesícula. En esta primera etapa, el cristalino tiene un epitelio anterior y fibras posteriores. Sucesivamente, durante el desarrollo, el epitelio cristalino de la zona ecuatorial comienza a diferenciarse en nuevas fibras cristalinas que se van depositando como las capas de una cebolla alrededor de lasa fibras preexistentes. Las células del cristalino tienen proteínas cristalinianas sumamente especializadas de las que depende la transparencia del órgano.

> Con el envejecimiento, el cristalino tiende a perder transparencia y aparecen zonas opacas (**cataratas**). La catarata puede ser congénita como consecuencia de malformaciones, como la que se produce en el embrión a consecuencia del virus de la rubéola.

Datos sobre el cristalino

Forma lente biconvexa 13 dioptrías
La refracción varía con la edad
Peso medio de 0.7 g
Espesor 4 mm
Radio de curvatura en reposo de la acomodación
Cara anterior: 10 mm
Cara posterior: 6 mm

Cuerpo vítreo (Fig. 20-2)

El vítreo ocupa el espacio existente entre el cristalino y la porción plana del cuerpo ciliar por delante y la retina por

detrás. La porción que se encuentra detrás del cristalino se denomina *porción retrolental* y está ligeramente excavada (**fosa hialoidea o patelar**).

Es un gel compuesto por un 99 % de agua y que contiene una finísima red de fibrillas (**estroma vítreo**) que se condensan en la superficie formando la **membrana vítrea** (*membrana hialoidea*). Desde la parte centra de la fosa hialoidea hasta el disco óptico se observa un espacio ópticamente vacío denominado **conducto hialoideo** (*canal de Cloquet*)[5], resto embrionario de la arteria hialoidea.

Entre la superficie externa del cuerpo vítreo y la pared ocular se pueden reconocer algunas adherencias. La primera se encuentra entre el vítreo y la ora serrata y constituye una región de interés clínico denominada *base vítrea*. Una segunda adherencia anular une el cuerpo vítreo con la cápsula posterior del cristalino (*ligamento hialoideo capsular*). Otras, en fin, se dirigen hacia la papila, la mácula y la retina ecuatorial, sobre todo en el área de los vasos de la retina, así como frente a las inserciones de los músculos externos del globo ocular en la zona de la capa limitante vítrea.

[5] Jules Cloquet, anatomista y cirujano francés, profesor de la Universidad de París (1790-1883).

ANEXOS OCULARES

Párpados

Los párpados son dos pliegues superficiales y móviles que protegen el globo ocular. El párpado superior es más grande y móvil que el inferior.

Forma (Figs. 20-3; 20-7)

La **cara anterior** del párpado, cubierta de piel fina, presenta una zona periférica en relación con el reborde de la órbita y una zona central que cubre el globo ocular. Entre ambas porciones se forma el *surco palpebral*. La **cara posterior** está revestida por la conjuntiva. Los extremos de los párpados, estrechos, se unen en las **comisuras palpebrales medial y lateral**. Las caras de los párpados se continúan entre sí a nivel del **borde libre**. La línea de continuidad entre el borde libre y la cara anterior forma el **limbo palpebral anterior**, y la línea que se continúa con la cara posterior constituye el **limbo palpebral posterior**. Entre los bordes libres se delimita la **hendidura palpebral**, que, a nivel de las comisuras, forma los **ángulos del ojo medial y lateral**. La zona rojiza del ángulo medial del ojo se deno-

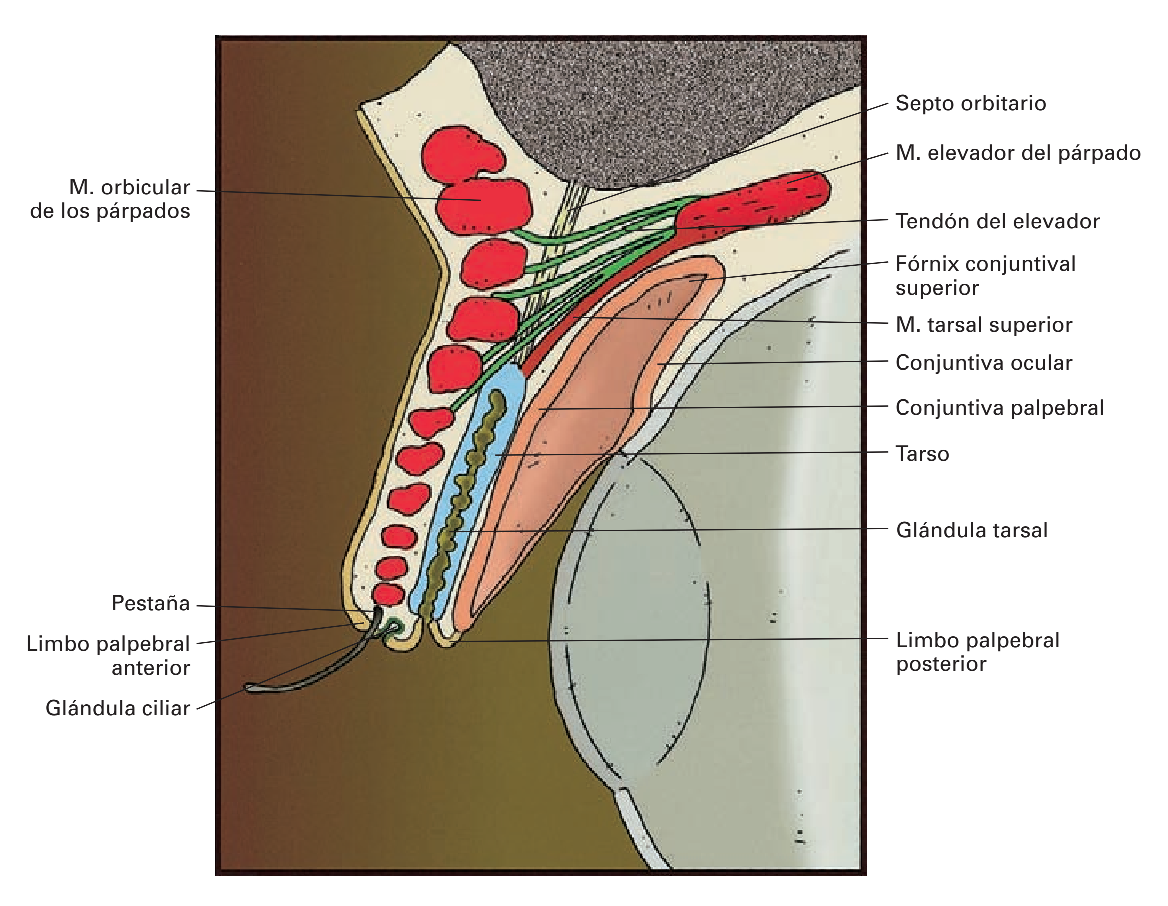


Figura 20-7. Corte sagital del párpado superior.

mina **lago lagrimal**; en su fondo se observan dos relieves, uno medial, la **carúncula lagrimal**, y otro lateral, el **pliegue semilunar**. Este último es un pliegue de la conjuntiva ocular, resto vestigial de la membrana nictitante de algunos vertebrados. En el extremo medial del borde libre hay una pequeña prominencia, la **papila lagrimal**, en cuyo vértice está el **punto lagrimal** que da origen a las vías lagrimales. La papila divide el borde libre en una porción medial, rojiza, que corresponde al lago lagrimal, y otra lateral, mucho más extensa, en la que se implantan las pestañas (*porción ciliar*).

Las **pestañas** o cilios se implantan en tres o cuatro hileras en la vecindad del limbo palpebral anterior. Las **glándulas ciliares** son glándulas sebáceas asociadas a los folículos pilosos de las pestañas. Las pestañas carecen de músculo erector del pelo.

Blefaritis

Es la inflamación del borde libre de los párpados con enrojecimiento y, muchas veces, formación de escamas a causa de una afección alérgica o infecciosa. Cuando afecta a los folículos pilosos y a las glándulas ciliares, el proceso puede ulcerarse y ser más grave.

En algunas razas, especialmente en la mongólica, la comisura palpebral medial está oculta parcialmente por la existencia de un pliegue cutáneo (**epicanto o pliegue palpebronasal)** tendido desde el párpado superior a la raíz de la nariz.

Estructura

Los párpados tienen en su interior un armazón fibroelástico, los **tarsos**[6], que les dan consistencia. El **tarso superior** tiene forma de concha y es mayor que el **tarso inferior**, que tiene el aspecto de una banda rectangular. Los tarsos se unen al periostio del reborde orbitario respectivo mediante unas láminas fibrosas (**septos orbitarios**). El septo orbitario superior se fusiona con el tendón del músculo elevador del párpado. Los tarsos se unen entre sí a nivel de las comisuras mediante los ligamentos palpebrales lateral y medial. El **ligamento palpebral lateral** se inserta en el hueso malar y el **ligamento palpebral medial** lo hace en la cresta lagrimal anterior por delante del saco lagrimal.

En el espesor de los tarsos se disponen las **glándulas tarsales** (*glándulas de Meibomio*)[7], las cuales se abren en el limbo palpebral posterior del borde libre. Son glándulas sebáceas modificadas, independientes de los folículos pilosos. Se disponen en una fila siguiendo la dirección del tarso. Producen una secreción grasa que lubrifica los bordes de los párpados impidiendo que se adhieran, al tiempo que evitan el derramamiento de las lágrimas.

La infección aguda de una glándula tarsal, generalmente por estafilococos, se denomina **orzuelo interno**. Debe distinguirse del **orzuelo externo**, más benigno, que sucede por la infección de un folículo piloso.

Las heridas superficiales de los párpados deben suturarse con extremo cuidado para no lesionar los tarsos y producir graves retracciones de la hendidura palpebral.

Por delante del tarso está la porción palpebral del músculo orbicular de los párpados, el cual está separado de la piel por una capa muy laxa de tejido subcutáneo.

Por encima y por debajo del tarso superior e inferior, respectivamente, se encuentra una capa de *fibras musculares lisas* (los músculos tarsales).

El **músculo tarsal superior** se encuentra en relación con el tendón del músculo elevador del párpado superior. Como ya se ha mencionado (véase pág. 793) el tendón del elevador se divide en una lámina superficial que atraviesa el septo orbitario y el orbicular de los ojos para llegar a la piel, y en una lámina profunda que termina en el tarso superior. De esta lámina profunda se desprende el músculo tarsal superior, que desciende por detrás de ella y se inserta en el tarso.

El **músculo tarsal inferior** procede de la expansión tendinosa del músculo recto inferior y se dirige, bajo el fórnix inferior, a insertarse en el tarso inferior.

Detrás de los tarsos se dispone la **túnica conjuntiva (conjuntiva)**. Se trata de una mucosa lisa y transparente que reviste la cara profunda de los párpados (**conjuntiva palpebral**) y que a nivel de los **fórnix conjuntivales superior e inferior** se refleja desde los párpados para revestir la superficie anterior del globo ocular (**conjuntiva ocular**) hasta el borde de la córnea, donde se continúa con el epitelio corneal anterior. La transparencia de la conjuntiva permite ver el blanco de la esclerótica subyacente. La conjuntiva no se adhiere a la esclera, pues está separada de ella por la vaina fibrosa del globo ocular y el espacio epiescleral. En el borde libre del párpado la conjuntiva se continúa con la piel por detrás de la desembocadura de las glándulas tarsales. El espacio entre la conjuntiva ocular, y palpebral y el fórnix respectivo se denomina **saco conjuntival**.

Conjuntivitis es la inflamación infecciosa, irritativa o alérgica de la membrana conjuntiva. Es una de las afecciones oculares más comunes.

Vascularización

Arterias. El párpado se irriga por ramas palpebrales de la **arteria oftálmica** (Fig. 15-63). Las arterias **palpebrales mediales** proceden directamente de la oftálmica y las **palpebrales laterales**, de la arteria lagrimal. Delante de los tarsos se anastomosan formando el **arco palpebral**. Ramas de la arterias supratroclear, supraorbitaria y de la **facial** contribuyen a irrigar los párpados.

[6] Tarsos, del griego *tarsos* = superficie ancha.
[7] Heinrich Meibom, anatomista alemán (1638-1700).

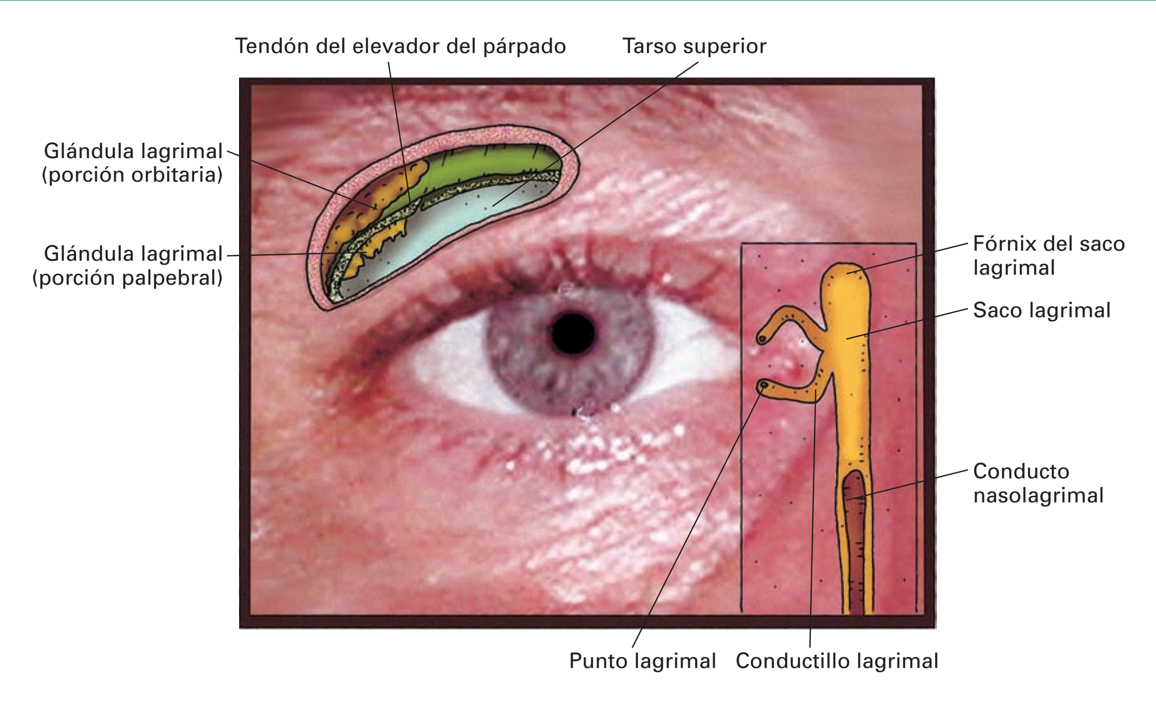


Figura 20-8. Representación del aparato lagrimal. Una ventana cutánea en la porción superior y lateral del reborde orbitario y del párpado permite ver la glándula lagrimal.

Venas. La sangre venosa es recogida por ramas de la **vena oftálmica**, **facial** y **temporal superficial**.

Linfáticos. La linfa es recogida por los **ganglios linfáticos submandibulares** y **cervicales**.

Inervación

La *inervación sensitiva* procede del **nervio trigémino** mediante los nervios frontal, nasociliar, lagrimal e infraorbitario (Figs. 18-13 y 18-14).

La *inervación motora* procede del **facial** para el músculo orbicular de los ojos (Fig. 18-24) y del **oculomotor** para el músculo elevador del párpado (Fig. 18-4). La inervación de los músculos tarsales procede de **fibras simpáticas** posganglionares originadas en el ganglio cervical superior.

Aparato lagrimal

El dispositivo de las lágrimas está formado por la glándula lagrimal y un conjunto de conductos de drenaje denominados vías lagrimales.

Glándula lagrimal

La **glándula lagrimal** se sitúa en el ángulo superoexterno de la cavidad orbitaria, bajo la fosa lagrimal del frontal y por encima del ángulo lateral del párpado superior. El tendón del músculo elevador del párpado superior la divide en dos partes: **porción superior u orbitaria** y **porción inferior o palpebral**. La porción palpebral es pequeña y está comprendida entre el tendón del elevador por arriba y el fórnix conjuntival por abajo. Vierten su secreción mediante 4 y 12 **conductillos lagrimales** muy cortos que se abren en el fórnix conjuntival superior. Los conductillos que salen de la porción orbitaria de la glándula atraviesan previamente la porción palpebral.

Existen pequeñas **glándulas lagrimales accesorias** que se encuentran dispersas por encima del fórnix conjuntival en el espesor del párpado.

Vascularización. La glándula se irriga mediante la **arteria lagrimal**, rama de la oftálmica, y drena la sangre por la **vena oftálmica** (Fig. 15-63).

Inervación. Las fibras sensitivas proceden del **nervio lagrimal** (rama oftálmica del trigémino) (Fig. 18-13). Las fibras parasimpáticas (que estimulan la secreción lagrimal) pertenecen al sistema del **nervio facial** (Fig. 18-25). Las fibras preganglionares se originan en el núcleo lagrimal de la protuberancia, siguen con el nervio facial hasta llegar, mediante el nervio petroso mayor, al ganglio pterigopalatino donde hacen sinapsis con la segunda neurona. Las fibras posganglionares se incorporan al nervio cigomático y por la anastomosis con el nervio lagrimal alcanzan la glándula.

Vías lagrimales

Las lágrimas vertidas bañan la superficie anterior de la córnea (película lagrimal), dinamizadas por el movimiento de

los párpados. Cuando alcanzan el lago lagrimal (Fig. 20-3), son drenadas por las vías lagrimales.

> La película de lágrimas es un medio vital de protección de la córnea, pues la humedece y evita el contacto de micropartículas ambientales. La ausencia de lágrimas o la parálisis de los párpados (lo que puede suceder en algunas lesiones del nervio facial) secan la córnea y pueden inducir la formación de úlceras, con el subsiguiente riesgo de pérdida de visión.

Las vías lagrimales comienzan en los **puntos lagrimales**, superior e inferior, situados en la **papila lagrimal**. De allí parten los **conductillos lagrimales** en dirección al saco lagrimal. Cada conductillo lagrimal discurre por el borde libre del párpado correspondiente en una longitud aproximada de 1 cm. No es rectilíneo, sino que, a poco de originarse, presenta un acodamiento, de manera que puede hablarse de una pequeña porción inicial vertical algo dilatada (**ampolla del conducto lagrimal**) y una porción horizontal. El conductillo lagrimal pasa por detrás del ligamento palpebral medial inmerso en fibras musculares del orbicular del ojo.

El **saco lagrimal** es un conducto vertical, de aproximadamente 1.5 cm de longitud, cerrado en su parte superior a modo de cúpula (**fórnix del saco lagrimal**) y en comunicación inferiormente con el conducto nasolagrimal. El saco se aplica medialmente al surco lagrimal de la pared interna de la órbita, entre las crestas lagrimales anterior y posterior. El ligamento palpebral medial se sitúa por delante, y las fibras lagrimales del orbicular del ojo lo encierran por fuera y por detrás.

El **conducto nasolagrimal** se dirige verticalmente desde el saco lagrimal al meato inferior de las fosas nasales. Tiene una longitud aproximada de 16 cm y un diámetro de 3-4 mm. Camina por el canal óseo del mismo nombre, el canal nasolagrimal, comprendido entre los huesos maxilar, lagrimal y cornete inferior. El orificio de desembocadura en el meato inferior está parcialmente protegido por un pliegue mucoso (**pliegue lagrimal**).

Las vías lagrimales están formadas por una mucosa con epitelio escamoso estratificado rodeada de tejido conectivo.

> Las vías lagrimales pueden estar obstruidas en algún punto; en estos casos es posible eliminar el obstáculo mediante el sondaje de las vías con una cánula muy fina.

ÓRGANOS DE LA AUDICIÓN Y DEL EQUILIBRIO

ORGANIZACIÓN GENERAL

La audición permite la percepción de las ondas sonoras de 50 a 16000 ciclos/s de frecuencia, aunque se halla especialmente capacitado para percibir los sonidos de entre de 300 y 3000 ciclos/s, que es la frecuencia de la voz humana. Las frecuencias altas se oyen mejor en la infancia, capacidad que disminuye con la edad.

La percepción auditiva es un sistema sensorial y, como tal, consta de dos receptores sensoriales, los oídos, que transforman la energía mecánica de las ondas sonoras en impulsos nerviosos que son enviados al cerebro a través de las vías de la audición.

La audición permite la captación diferenciada de las diversas frecuencias, su intensidad y su tonalidad. A su vez, gracias a la situación de los oídos a los lados del cráneo se puede localizar la fuente del sonido, pues somos capaces de discriminar intervalos diferenciales de hasta 10 milisegundos entre ambos oídos. El receptor auditivo contiene sistemas de selección de los sonidos y de acomodación a fin de mejorar la recepción y proteger el receptor y los centros nerviosos.

El oído humano además de contener los receptores auditivos, contiene receptores del equilibrio estático y dinámico. Los receptores estáticos captan la posición de la cabeza en relación con gravedad los receptores dinámicos captan la dirección e intensidad de los movimientos de la cabeza en el espacio.

El oído, para realizar la función auditiva, contiene tres partes (Fig. 20-9): el **oído externo** recibe los sonidos y los orienta hacia la membrana timpánica actuando como pantalla receptora y resonadora, y a su vez amortigua los cambios de temperatura y humedad; el **oído medio** transmite las vibraciones de la membrana timpánica hacia el oído interno, asegurando su transmisión por la cadena de huesecillos sin pérdida de energía, acomodando el oído al tipo de sonidos merced a dos pequeños músculos y contribuyendo a la protección del oído interno mediante el reflejo osicular; y el **oído interno**, es el lugar donde se sitúan los receptores nerviosos para la audición y el equilibrio.

OÍDO EXTERNO

El oído externo está formado por dos partes (Fig. 20-9): el pabellón auditivo externo y el conducto auditivo externo. El primero recibe los sonidos y el segundo los orienta hacia la membrana timpánica, amortiguando los cambios de temperatura y humedad.

Pabellón auditivo externo (Fig. 20-9)

Denominado vulgarmente oreja, es una lámina ovoide y plisada que se halla sólidamente unida a la cabeza por su tercio anterior; se continúa con el conducto auditivo externo y esté libre por la parte superior, posterior e inferior. La parte libre forma con la pared craneal el ángulo cefaloauricular, que normalmente mide entre 20 y 30°.

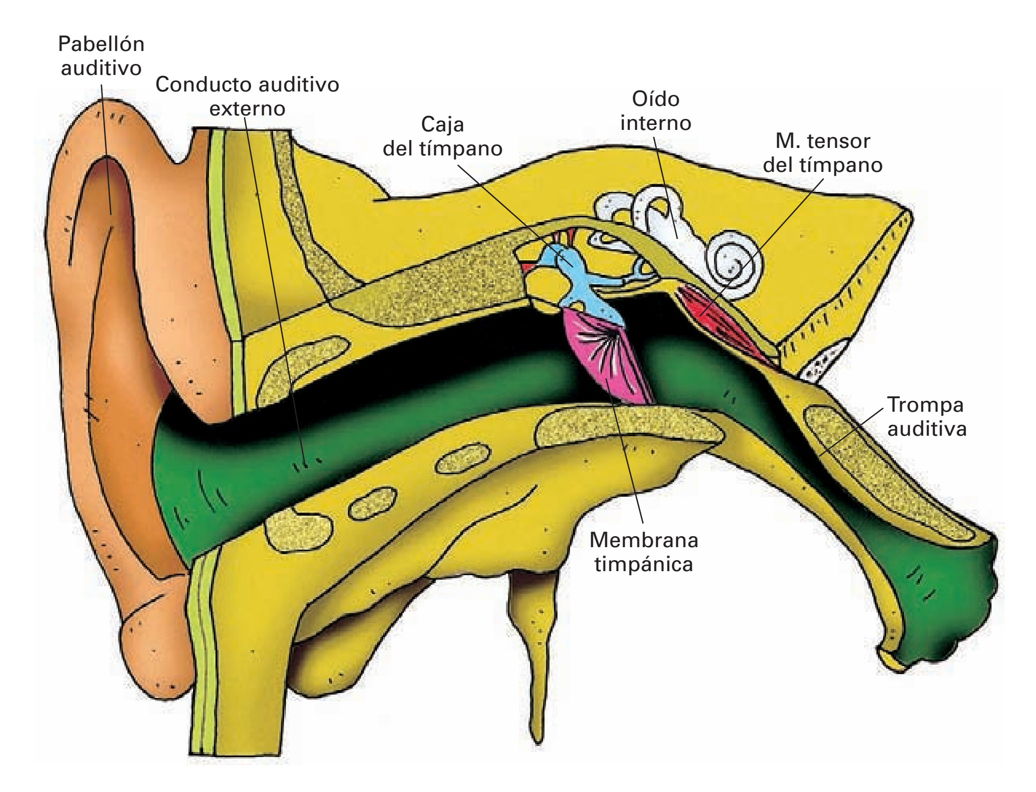


Figura 20-9. Esquema general del oído.

Forma

El pabellón auricular tiene dos caras, externa e interna, separadas por un borde circunferencial que lo delimita.

Cara externa

Es irregular por la presencia de pliegues en forma de prominencias y depresiones: la **concha auricular** es la depresión más profunda y se continúa con el conducto auditivo externo.

El **hélix** es el borde plegado del pabellón. Comienza por delante de la concha formando la **raíz del hélix**, da la vuelta siguiendo el borde de la oreja y termina en la **cola del hélix**. Está arrollado sobre sí mismo formando el **canal del hélix**.

En la parte posterosuperior del hélix se puede observar, en algunas personas, el **tubérculo auricular** (*tubérculo de Darwin*), y en el borde externo de la oreja, hacia atrás y hacia arriba, el **vértice auricular** (*protuberancia de Darwin*).

El **antehélix** es una prominencia que se sitúa entre el hélix y la concha; hacia arriba se bifurca en dos ramificaciones que delimitan la **fosa triangular**.

El **trago** es una lámina aplanada y triangular situada delante de la concha, tapando parcialmente a modo de opérculo la entrada al conducto auditivo externo. La extremidad posterior del trago puede ser bífida por la presencia del **tubérculo supratrágico.**

El **antitrago** es una prominencia situada por debajo del trago, del que está separado por la **escotadura intertrágica**.

El **lóbulo de la oreja** es la porción inferior del pabellón auricular. Estructuralmente es un pliegue de piel que no contiene cartílago, por lo que es blando y flácido.

El lóbulo de la oreja, al carecer de cartílago, es un lugar idóneo para obtener por punción una gota de sangre para análisis.

Cara interna

Tiene dos porciones, una adherente y otra libre. La zona adherente es por donde se fija al cráneo en continuidad con el conducto auditivo externo; la porción libre reproduce, en sentido inverso, la morfología de la cara externa.

Estructura

El pabellón auricular está formado por **cartílago auricular**, elástico, que reproduce la morfología propia de la oreja, ya descrita.

Un grupo de pequeños *ligamentos intrínsecos*, situados entre las prominencias del pabellón, contribuyen a mantener su morfología.

A la sujeción de la oreja contribuyen los **ligamentos auriculares**, que se extienden del pabellón a la pared craneal. El **ligamento auricular anterior** va desde el trago a la apófisis cigomática y el **ligamento auricular posterior**, desde la concha a la mastoides.

El pabellón consta de pequeños *músculos intrínsecos*, atrofiados en el ser humano, y que en teoría sirven para variar su morfología.

> Los músculos auriculares son: **mayor del hélix, menor del hélix, del trago, del antitrago, transverso de la oreja, oblicuo de la oreja, piramidal de la oreja y de la escotadura del hélix.**

Desde el pabellón a las paredes craneales se extienden tres músculos extrínsecos, los **músculos auriculares anterior, superior y posterior**, que se han descrito con la musculatura facial. Teóricamente, sirven para orientar la oreja, habilidad prácticamente perdida en la mayoría de los seres humanos.

Sobre la cara externa, la *piel* se adhiere muy firmemente al cartílago auricular; sobre la cara interna existe un tejido subcutáneo laxo que permite la movilidad del revestimiento cutáneo. La piel contiene muy pocas glándulas sebáceas y sudoríparas. Los pelos son escasos, a excepción de un mechón de pelos dispuestos en la cara interna del trago (*barbula hirci*).

Vascularización

Las *arterias* proceden de la **arteria temporal superficial** (ramos auriculares anteriores) y de la **arteria auricular posterior** (Fig. 15-56).

Las *venas* drenan hacia la **vena temporal superficial** (venas auriculares anteriores), hacia las **venas auriculares posteriores**, hacia la **vena emisaria mastoidea** y hacia la **vena yugular externa** (venas auriculares inferiores).

Linfáticos. Existen tres territorios linfáticos. El anterior drena en los **ganglios preauriculares**, el inferior en los **parotídeos** y el posterior hacia los **mastoideos,** parotídeos y **cervicales profundos** (Fig. 15-68).

Inervación

Los nervios motores provienen del **facial**. Los nervios sensitivos son ramas del **nervio auriculotemporal** (V par) y del **plexo cervical**.

Conducto auditivo externo (Fig. 20-9)

Es un tubo aplanado en sentido anteroposterior que se dirige transversalmente desde la concha hasta la membrana timpánica. Su diámetro es de 9 mm, y su longitud, de 25 mm. Se sitúa su calibre no es uniforme; su parte más angosta, el istmo, en la unión del tercio interno con el medio.

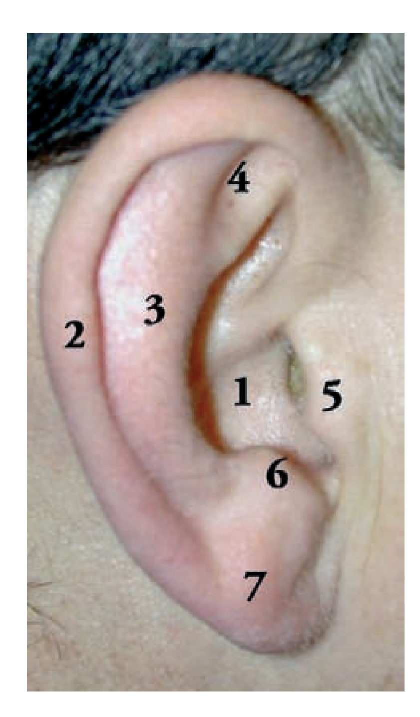


Figura 20-10. Pabellón auditivo: 1) concha; 2) hélix; 3) antehélix; 4) fosa triangular; 5) trago; 6) antitrago; 7) lóbulo de la oreja.

El conducto no es rectilíneo y se halla torsionado sobre sí mismo. En un corte transversal se pueden distinguir por su dirección tres segmentos: primero se dirige hacia delante, después hacia atrás y por último hacia delante. En un corte frontal se observa que el conducto primero es horizontal y enseguida se dirige hacia dentro y hacia abajo.

La importancia clínica de estas curvaturas radica en que para observar el fondo del conducto donde se halla la membrana del tímpano, se debe enderezar el conducto auditivo externo. Para ello es preciso llevar con la mano el pabellón auditivo hacia arriba y hacia atrás, y el trago hacia delante mediante un otoscopio.

Forma y relaciones

Se pueden distinguir cuatro paredes y dos extremos.

La pared superior está formada por fibrocartílago y la escama del temporal, que la separa de la fosa craneal media.

Las paredes, inferior, anterior y posterior se hallan formadas por fibrocartílago y el hueso timpánico. La inferior se relaciona con la glándula parótida; la anterior con la articulación temporomandibular, y puede palparse esta articulación a través del conducto; y la posterior se relaciona con la región mastoidea del temporal.

La extremidad externa se continúa con la concha y la interna se halla cerrada por la membrana timpánica.

Estructura

En su tercio externo es fibrocartilaginoso y en el resto de su extensión está constituido por un armazón óseo.

La *porción fibrocartilaginosa* se halla formada por dos canales unidos por sus bordes; el superior es fibroso y el inferior, cartilaginoso (**cartílago del conducto auditivo**). En la parte anterior hay algunas soluciones de continuidad (**escotaduras del cartílago**). La parte más estrecha se denomina **istmo del cartílago** y se sitúa en la unión con la concha.

La *porción ósea* está formada en su pared superior por la escama del temporal y en el resto de sus paredes por el hueso timpánico (Fig. 20-11).

La *piel* se continúa con la de la concha y se adhiere firmemente a la pared del conducto. Presenta pelos muy finos en la entrada del conducto y glándulas sebáceas y ceruminosas, un tipo especial de glándulas sudoríparas apocrinas. El *cerumen* es el conjunto de secreciones sebáceas y ceruminosas.

La función del cerumen es impedir la maceración de la piel y proteger el oído de cuerpos extraños y polvo.

> El exceso de cerumen (**tapones**) es causa de hipoacusia. Deben eliminarse mediante lavados cuidadosos del conducto (agua a la temperatura corporal) y limpieza bajo la observación con el otoscopio. Los lavados fríos pueden provocar vértigo.

Vascularización

Las *arterias* provienen para la porción fibrocartilaginosa de las **arterias temporal superficial** y **auricular posterior**, y para la porción ósea de la **arteria timpánica** o de la **auricular profunda**, ramas de la maxilar interna.



Figura 20-11. Conducto auditivo externo: 1) escama del temporal; 2) hueso timpánico; 3) mastoides; 4) fosa mandibular.

El *sistema venoso* y *linfático* drena del mismo modo que para el pabellón auricular.

Inervación

Los nervios sensitivos provienen de los **nervios auriculotemporal** (V par), la **rama auricular del plexo cervical**, la **rama auricular del vago** y la **rama sensitiva del facial**.

OÍDO MEDIO (Fig. 20-9)

El oído medio es una cavidad irregular situada entre los tres huesos primitivos que componen el temporal, y está intercalado entre el oído externo y el oído interno.

Esta cavidad, tapizada por una mucosa, se halla ocupada por aire y contiene una cadena de huesecillos que forman una palanca ósea regulable por la acción de dos pequeños músculos, cuya finalidad es conducir y regular las vibraciones sonoras que alcanzan la membrana timpánica, transmitiéndolas hasta el oído interno, lugar donde se produce la transducción de la energía vibratoria que permite la audición.

El oído medio está formado por tres partes: **caja del tímpano**, **tuba auditiva** y **celdas mastoideas**.

Caja del tímpano

Es la cavidad central del oído medio. Se denomina así por haberse comparado a un tambor aplanado transversalmente. Adopta la forma de una lente bicóncava cuyos diámetros vertical y anteroposterior miden aproximadamente 15 mm. Su diámetro transversal o espesor en su parte superior mide 6 mm, en su parte media, 1.5 mm, y en su parte inferior, 4 mm. La posición de la caja no es ortogonal, sino que se orienta oblicuamente mirando su cara externa hacia abajo, afuera y adelante. Su orientación está relacionada con la postura bípeda.

Paredes de la caja del tímpano (Fig. 20-16)

Con fines descriptivos la caja timpánica puede considerarse como un cubo aplanado en la que se distinguen seis paredes: dos más anchas, la externa y la interna, y cuatro más estrechas: superior, anterior, inferior y posterior.

Pared externa (timpánica o membranosa) (Fig. 20-12)

Está formada por la membrana del tímpano y el marco óseo que la rodea.

El *marco óseo* es un anillo formado por el hueso timpánico por abajo, delante y detrás de la membrana; queda

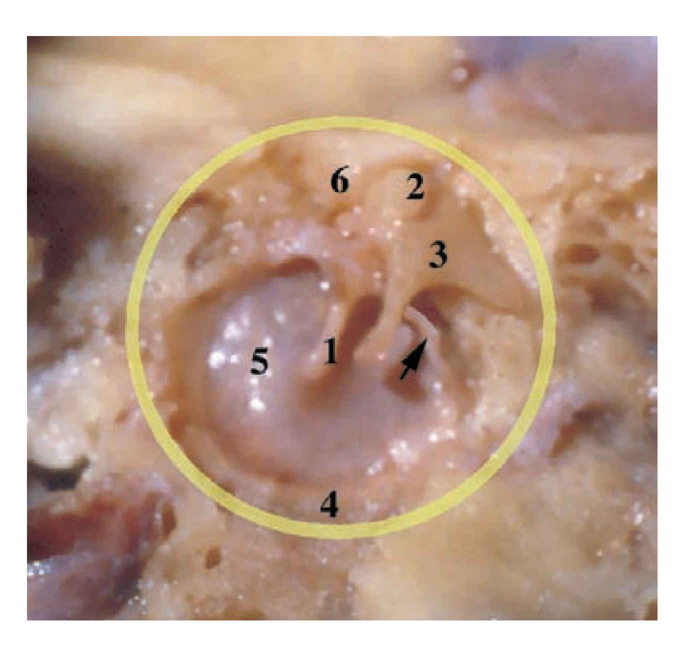


Figura 20-12. Pared externa de la caja del tímpano contemplada desde el interior de la misma. 1) Mango del martillo; 2) cabeza del martillo; 3) yunque; 4) anillo fibrocartilaginoso; 5) membrana del tímpano; 6) muro. Cuerda del tímpano (flecha).



Figura 20-13. Aspecto de la membrana del tímpano con forma de embudo (asterisco) tras realizar una trepanación de la cara superior del peñasco. Caja del tímpano (flecha).

por arriba un segmento formado por la porción escamosa del temporal denominado, también, **muro**, por encontrarse a este nivel la cabeza del martillo, y el cuerpo y la rama horizontal del yunque.

La **membrana timpánica** (Figs. 20-9; 20-13) es como un cono rígido sensible a las vibraciones del aire. La membrana es fibrosa, elástica, delgada pero resistente, y separa el conducto auditivo externo de la caja del tímpano. Es de forma casi circular y su diámetro vertical es de 10.5 mm y el anteroposterior, de 9 mm. Su espesor aproximado es de 0.1 mm.

Su inclinación con respecto al plano horizontal varía con la edad, pues en el feto es casi horizontal, en el recién nacido forma un ángulo de 30-35° con la horizontal, y en el adulto es de 40-45°.

A pesar de su delgadez, la membrana es muy resistente y puede soportar presiones de hasta dos atmósferas sin romperse.

> La importancia clínica de la membrana del tímpano es muy grande ya que puede observese desde el exterior. Se ha afirmado que «si la lengua es el espejo del aparato digestivo, la membrana timpánica es el espejo de la caja». Hay que tener en cuenta la inclinación de la membrana en clínica, pues se recomienda en el lavado del oído externo dirigir el chorro de agua hacia la pared superior, y también, cuando se realiza la *paracentesis (incisión)* de la caja es preciso dirigir el instrumento cortante de abajo arriba y no en sentido contrario.

> El efecto presión es diferente si ésta se aplica de forma aguda o crónica, lo que explica las roturas timpánicas en los casos de traumatismos directos, ruidos extremos, ondas expansivas o en descompresión brusca.

La membrana timpánica se inserta en el surco timpánico a través de fibras conectivas que forman una cinta alrededor de la membrana (**anillo fibrocartilaginoso**) (Figs. 20-12; 20-14).

Al no haber hueso timpánico en el segmento superior del conducto auditivo externo, el anillo fibrocartilaginoso, al llegar a los extremos anterior y posterior del surco timpánico, se refleja hasta el relieve que forma la apófisis lateral del martillo, formando los **ligamentos timpano-maleolares**. Por ello, la membrana del tímpano está formada por dos partes distintas morfológica y funcionalmente: la **porción flácida** (*membrana de Schrapnell*), que queda por encima de los ligamentos timpano-maleolares y se abomba hacia fuera formando el **receso superior de la membrana del tímpano** (*espacio de Prussak)*, y la **porción tensa**, que queda por debajo de los ligamentos timpano-maleolares. Esta última porción es más gruesa y representa la parte funcional de la membrana. El mango del martillo sirve también de inserción a las fibras de la membrana; por ello, cuando vibra la membrana vibra la cadena de huesecillos.

Mediante el **examen otoscópico** (Fig. 20-15) se puede observar la membrana de un color gris perla no uniforme con un tinte rojizo amarillento. En su parte superior hace prominencia la apófisis lateral del martillo, de la que salen los ligamentos timpano-maleolares. Por debajo, en dirección oblicua hacia atrás y abajo, se observa el mango del martillo, que termina en una zona ensanchada, la **espátula**, y forma el **ombligo de la membrana**. Partiendo del ombligo destaca una zona brillante hacia abajo y adelante en forma triangular, el **cono luminoso**.

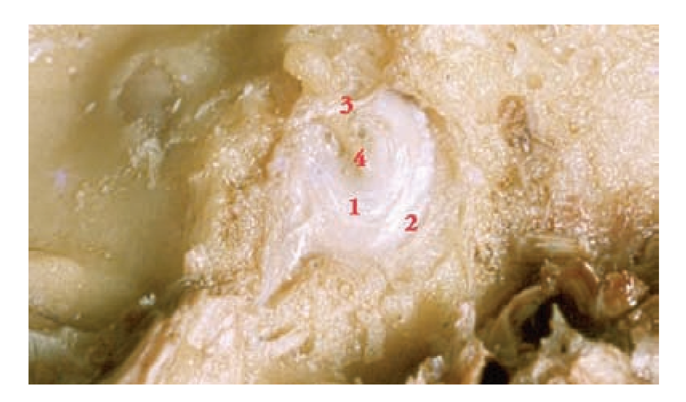


Figura 20-14. Membrana del tímpano vista por su cara interna: 1) membrana; 2) anillo fibrocartilaginoso; 3) cuerda del tímpano; 4) mango del martillo y espátula.

En algunos casos en que el tímpano es más transparente y existe una buena iluminación, se pueden percibir a través de él algunas estructuras del interior de la caja, como la cuerda del tímpano, la rama posterior del estribo, el promontorio o la sombra de la ventana redonda.

Quirúrgicamente se divide la membrana del tímpano en cuatro cuadrantes según dos ejes perpendiculares entre sí que pasan por el mango del martillo y por el ombligo. Los cuadrantes inferiores pueden ser abordados por el cirujano sin riesgo alguno para las estructuras de la caja timpánica. Por ello, es la vía que se suele utilizar en las paracentesis de la caja, para drenar, por ejemplo, la inflamación de una **otitis media**.

Estructura

La membrana timpánica consta de tres capas: la **capa externa o cutánea** constituye la prolongación de la piel del conducto auditivo externo, pero carece de glándulas y pelos; la **capa interna o mucosa** es una dependencia de la mucosa de la caja del tímpano; la **capa media** está formada por tejido conectivo (fibras elásticas y colágenas). El mango del martillo y la apófisis lateral están empotrados en la membrana y sirven de inserción a las fibras.

Las fibras de la membrana timpánica son de cuatro tipos: radiadas, circulares, parabólicas y semilunares.

Las *fibras radiadas* van desde el anillo fibrocartilaginoso a la espátula del martillo. Se sitúan preferentemente en la parte externa.

Las *fibras circulares*, situadas en la parte interna de la membrana, van desde la parte anterior del mango del martillo hasta su parte posterior, recorriendo circularmente la membrana.

Las *fibras parabólicas* forman dos haces, anterior y posterior. Nacen a nivel de la apófisis lateral del martillo y terminan en el anillo fibrocartilaginoso del sector opuesto al que toman origen.

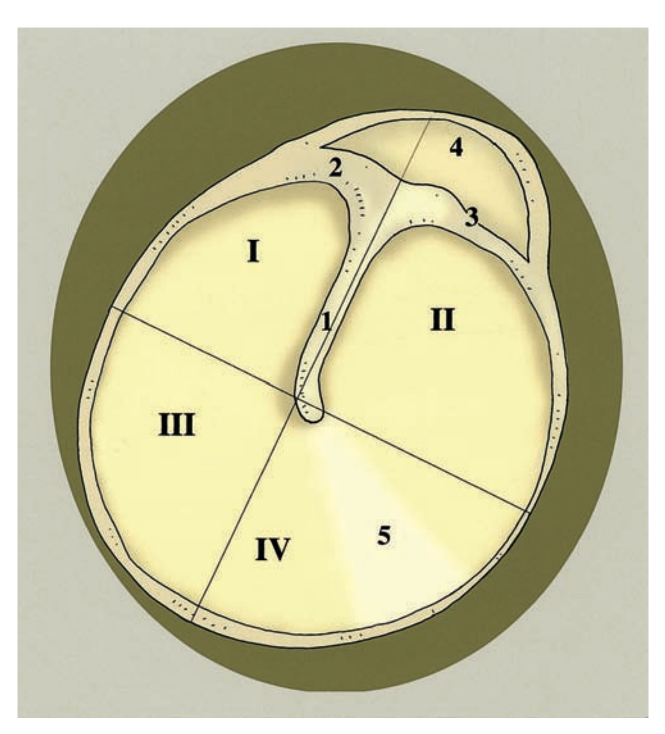


Figura 20-15. Esquema de imagen otoscópica: 1) mango del martillo; 2 y 3) ligamentos tímpano-maleolares; 4) porción flácida; 5) cono luminoso. I, II, III, IV: cuadrantes de la porción tensa de la membrana timpánica.

Las *fibras semilunares* , cortas y largas, comienzan y terminan en el anillo fibrocartilaginoso, oponiendo su concavidad a la del propio anillo.

Pared interna o laberíntica (Figs. 20-16 y 20-17)

Corresponde al laberinto del oído interno. Destacamos en esta pared las siguientes estructuras:

El **promontorio**, una elevación lisa situada en la parte media de la pared formada por la primera vuelta de espira del caracol.

El **orificio superior del conducto timpánico** (*de Jacobson*), situado en la parte inferior del promontorio, sirve para alojar el nervio del mismo nombre y se continúa con un surco que se ramifica por el promontorio para alojar las ramitas de este nervio **(surco del promontorio**).

La **fosita de la ventana vestibular**, una depresión situada por encima y por detrás del promontorio.

La **ventana vestibular** u **oval**, un orificio situado en el fondo de la fosa oval, con forma de boca de horno, de 3.5 mm de largo y 1.5 mm de altura. Da acceso al vestíbulo del oído interno y se halla cerrada por la platina del estribo y su ligamento anular.

La **fosita de la ventana coclear**, una depresión situada por debajo y por detrás del promontorio.

La **ventana coclear** o **redonda**, situada en el fondo de la fosita mencionada anteriormente, es un orificio que co-

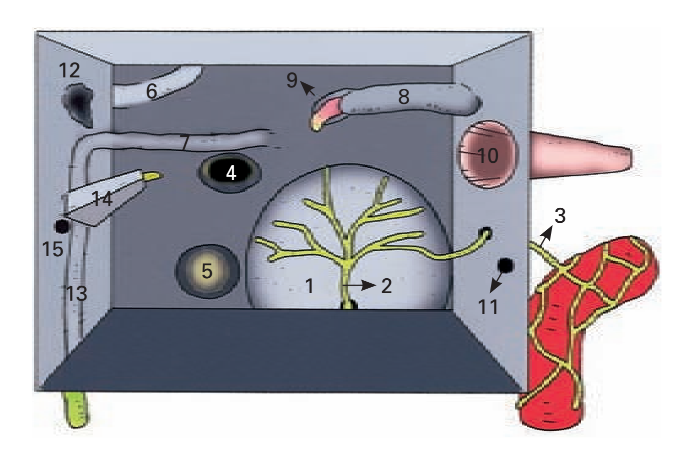


Figura 20-16. Paredes interna, anterior y posterior de la caja del tímpano: 1) promontorio; 2) nervio timpánico en el surco del promontorio; 3) nervio caroticotimpánico; 4) fosita y ventana vestibular (oval); 5) fosita y ventana coclear (redonda); 6) prominencia del conducto semicircular lateral; 7) porción timpánica del conducto facial; 8) conducto del músculo tensor del tímpano; 9) pico de cuchara; 10) orificio timpánico de la trompa auditiva; 11) orificio anterior de la cuerda del tímpano; 12) *additus ad antrum*; 13) porción mastoidea del conducto facial; 14) eminencia piramidal; 15) abertura timpánica del conducto de la cuerda del tímpano.

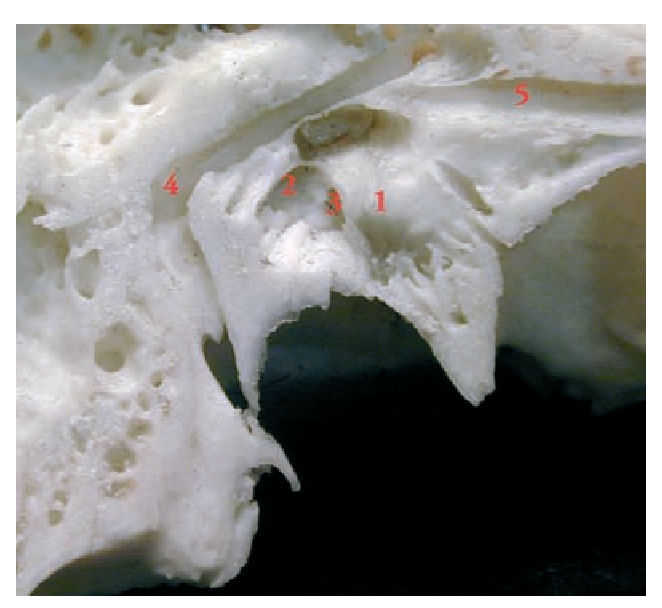


Figura 20-17. Pared interna de la caja del tímpano: 1) promontorio; 2) fosa vestibular (oval); 3) fosa coclear (redonda); 4) conducto del facial; 5) conducto del músculo tensor del tímpano.

munica la caja del tímpano con la rampa timpánica del caracol. En estado fresco está cerrada por la **membrana secundaria del tímpano**.

El **seno timpánico** es una pequeña excavación que queda entre la ventana vestibular y la coclear.

La **prominencia del conducto facial** está situada por encima de la ventana vestibular.

La pared del conducto facial es, a este nivel, muy delgada y, en ocasiones, dehiscente, lo que explica la relación entre las lesiones del nervio facial y la patología de la caja del tímpano. Por ejemplo, las **otitis medias** (inflamación de la mucosa de la caja del tímpano) pueden ser causa de parálisis facial.

La **prominencia del conducto semicircular lateral** es un relieve horizontal dispuesto por encima de la prominencia facial.

El **conducto del músculo tensor del tímpano**, un relieve óseo situado por encima del promontorio, se abre a la caja por un orificio con aspecto de **pico de cuchara (proceso cocleariforme**). Aloja el músculo tensor del tímpano, cuyo tendón sale y se refleja a través del pico de cuchara.

Pared anterior o tubocarotídea

En ella hallamos el orificio timpánico de la trompa auditiva y la región carotídea del peñasco del temporal.

El **orificio timpánico de la trompa auditiva** tiene forma de hendidura y se sitúa por debajo del conducto del músculo tensor del tímpano, del que está separado por una fina pared ósea.

La **porción carotídea de la pared anterior** de la caja se corresponde con el conducto carotídeo y se continúa insensiblemente con la pared inferir de la caja. Un pequeño orificio da paso a los nervios caroticotimpánicos y a las venillas del mismo nombre.

Pared posterior o mastoidea

Es una pared accidentada en la que se sitúan las siguientes estructuras:

El orificio de entrada al antro mastoideo (*additus ad antrum*), que adopta una forma triangular con vértice inferior escotado que sirve de apoyo a la extremidad de la rama posterior del yunque y a su ligamento posterior (fosa del yunque).

La **eminencia piramidal (pirámide)**, un relieve de forma cónica situado por debajo de la entrada al antro, a la altura de la ventana oval. Está recorrida por un conducto donde se aloja el músculo del estribo.

La **abertura timpánica del conducto de la cuerda del tímpano**, a través del cual penetra este nervio en la caja del tímpano. Se encuentra por fuera de la pirámide.

En el espesor de esta pared desciende la porción mastoidea del nervio facial.

Pared superior o tegmentaria

Está formada por una lámina ósea muy delgada (*tegmen timpani*) constituida por la escama del temporal por fuera

y la porción petrosa por dentro, separadas por la fisura petroescamosa.

> En ocasiones puede faltar parcialmente o ser dehiscente, lo que explica la difusión de procesos infecciosos de la caja del tímpano hacia la meninge (**meningitis**) de la fosa craneal media.

Pared inferior o yugular

Forma el suelo de la caja y es irregular debido a pequeñas cavidades areolares y a trabéculas óseas que la cruzan. Se halla en relación directa con el **golfo de la vena yugular interna**.

Contenido de la caja timpánica

La caja del tímpano contiene una cadena de tres huesecillos articulados entre sí y los músculos que controlan su movimiento; también se encuentran la cuerda del tímpano y la mucosa.

Cadena de huesecillos (Figs. 20-18, 20-19 y 20-20)

La forman tres pequeños huesos, el **martillo** que se encuentra fijado a la membrana timpánica, el **yunque**, hueso intermedio, y el **estribo**, una de cuyas partes se mantiene en la ventana oval. La cadena de huesecillos transmite las vibraciones de la membrana a los líquidos laberínticos.

Martillo

Es el más largo y externo de los tres, y mide unos 7-9 mm de longitud. Su forma recuerda a la de un martillo, de ahí su nombre. Se compone de cabeza, cuello, mango y dos apófisis: anterior o larga y lateral o corta.

La **cabeza** es la parte abultada del hueso, ocupa el ático o cavidad epitimpánica y en su parte posterointerna se observa una superficie en silla de montar para articularse con el cuerpo del yunque.

El **cuello** se sitúa por debajo de la cabeza y se halla retorcido sobre su eje.

El **mango** o **manubrio** es aplanado en sentido lateral, continúa el cuello hacia abajo y hacia atrás incrustándose en la membrana timpánica, y termina en un extremo abultado, la *espátula*, que se corresponde con el ombligo de la membrana.

De la unión del cuello con el mango salen dos apófisis. La **apófisis anterior** o **larga** se dirige hacia delante y se introduce en la fisura petrotimpánica a la que se une por tejido conectivo. La **apófisis lateral** o **corta**, gruesa y cónica, forme la prominencia maleolar de la membrana timpánica. En ella se insertan los ligamentos tímpano-maleolares.



Figura 20-18. Imagen de los huesecillos del oído, comparando su tamaño con una moneda de 1 euro.

Yunque

Ha recibido este nombre por su forma, aunque se parece más a un premolar con dos raíces de diferente longitud y separadas entre sí. Se sitúa por dentro y detrás del martillo.

Consta de un cuerpo y dos raíces o ramas. El **cuerpo** del yunque es aplanado transversalmente y en su cara anterior existe una faceta en silla de montar para articularse con la cabeza del martillo. La **rama corta** u **horizontal** se dirige hacia atrás y se apoya en el reborde inferior de la entrada al antro (fosa del yunque). La **rama larga** o **vertical** es paralela al mango del martillo, ligeramente por detrás y medial. Su extremidad se incurva medialmente y termina en un extremo abultado, la **apófisis lenticular**, que se articula con el estribo.

Estribo

Llamado así por su forma, se extiende horizontalmente desde la apófisis lenticular hasta la ventana oval.

Se compone de cabeza, cuello, dos ramas y una base. La **cabeza** presenta una depresión para articularse con la apófisis lenticular del yunque. El *cuello* es la porción más estrecha y presta inserción al tendón del músculo del estribo. Las dos ramas divergen desde el cuello; la **rama anterior** es más rectilínea y la **posterior**, más curva. Terminan en la **base del estribo** (*platina*), que es una pequeña placa ósea con cartílago hialino semejante a la puerta de un horno. La base se encuentra sujeta mediante fibras conectivas a la ventana oval y está en contacto directo con el periostio que ejerce de mucosa laberíntica. Las dos ramas, junto con la platina, forman el *asa del estribo* que se encuentra tapizado por la mucosa de la caja y en el feto es atravesada por la arteria estapedia.

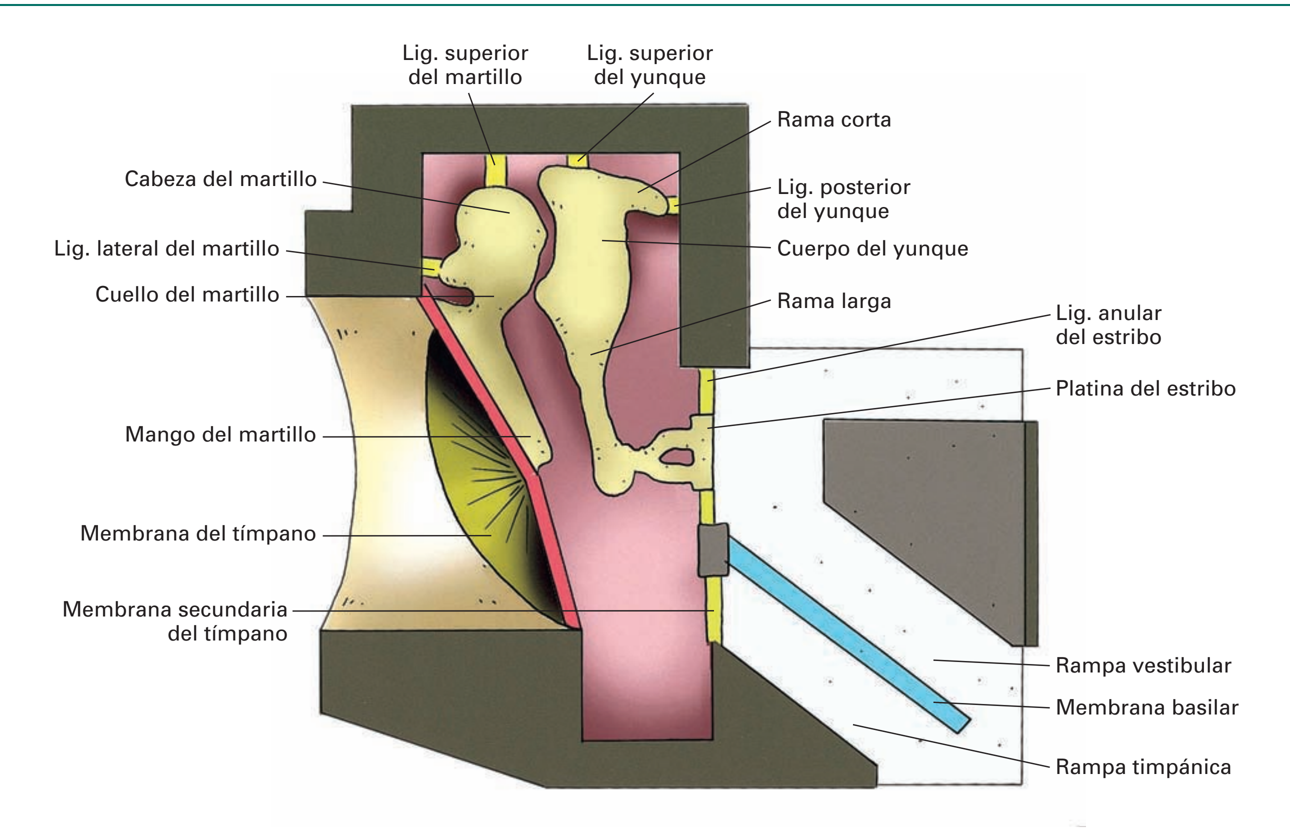


Figura 20-19. Representación esquemática de la caja del tímpano y sus conexiones funcionales con el oído externo y el oído interno. El mango del martillo está fijo a la membrana del tímpano y a través de la cadena de huesecillos se transmiten las vibraciones a la rampa vestibular del oído interno.

Ligamentos de la cadena de huesecillos (Fig. 20-19)

Los tres huesecillos se encuentran sujetos a las paredes de la caja del tímpano mediante ligamentos: **ligamento superior del martillo**, que lo une a la pared superior; **ligamento lateral del martillo**, que lo une a la pared externa; **ligamento anterior del martillo**, que se dirige desde el cuello a la fisura petrotimpánica y, a su través, a la espina del esfenoides; **ligamento posterior del yunque**, que fija la rama corta a la fosa del yunque; **ligamento superior del yunque**, que lo fija al ático; **ligamento anular del estribo**, conjunto de haces fibroelásticos radiales que fijan la platina con el reborde de la ventana oval.

Articulaciones entre los huesecillos del oído

Los huesecillos del oído se ponen en relación entre sí durante los primeros años de la vida mediante articulaciones diartrodiales: de encaje recíproco entre martillo y yunque, y enartrosis entre yunque y estribo. Ambas articulaciones presentan superficies articulares recubiertas de cartílago hialino, sinovial y cápsula articular.

En el adulto estas articulaciones son puestas en entredicho, ya que los huesecillos forman en conjunto una palanca ósea para transmitir las vibraciones al oído interno.

Músculos de la caja del tímpano

Los huesos del oído medio pueden ser movidos por dos pequeños músculos que tienen como función acomodar la transmisión de las ondas sonoras al oído interno; por ello, facilitan o inhiben la transmisión de las vibraciones e incluso pueden modular las mismas facilitando o inhibiendo unas determinadas frecuencias sonoras. Estos músculos son dos, el músculo tensor del tímpano y el músculo del estribo. Tienen en común una estructura peniforme que puede producir comparativamente una fuerte tensión y un débil acortamiento, y por lo tanto son músculos de una extraordinaria precisión.

Músculo tensor del tímpano (músculo tensor del martillo) (Figs. 20-9; 20-16)

Se inserta en la base del cráneo (pared superior de la porción cartilaginosa de la trompa auditiva, unión de las alas mayores del esfenoides con el peñasco) y en las paredes del

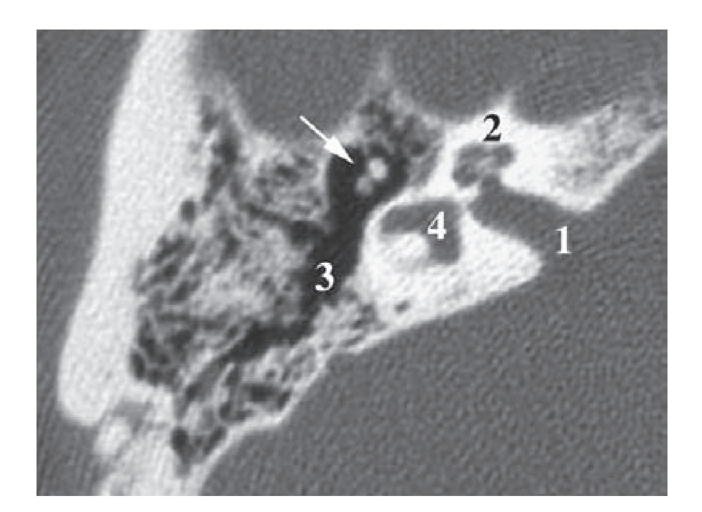


Figura 20-20. TC del peñasco del temporal: 1) conducto auditivo interno; 2) caracol; 3) antro mastoideo; 4) vestíbulo. La flecha indica los huesecillos de la caja del tímpano.

conducto óseo que lo contiene (conducto del músculo tensor del tímpano). Las fibras convergen en un tendón cilíndrico que entra en la caja del tímpano por el pico de cuchara y se dirige hacia fuera en ángulo casi recto para insertarse en la base del mango del martillo.

Músculo del estribo (Fig. 18-22)

Se inserta en las paredes del conducto de la pirámide y las fibras convergen hacia un tendón cilíndrico que, saliendo por el vértice de la pirámide, se dirige hacia dentro a insertarse en el cuello del estribo.

Función

Ambos músculos son antagonistas; pueden actuar de forma aislada o, lo que es más frecuente, de forma conjunta.

Cuando se contrae el músculo tensor del martillo aisladamente tracciona hacia dentro el mango del martillo tensando la membrana del tímpano. Al mismo tiempo, como los huesecillos forman una palanca, la rama vertical del yunque, que es paralela al mango del martillo, también se dirige hacia dentro, presionando a su vez al estribo, cuya base se introduce en la ventana oval aumentando la presión de los líquidos laberínticos.

El músculo del estribo ejerce una acción antagónica, ya que su contracción lleva hacia fuera la base del estribo disminuyendo la presión de los líquidos laberínticos. Al mismo tiempo, a través del yunque, lleva hacia fuera el mango del martillo disminuyendo la tensión de la membrana timpánica.

Normalmente, los músculos del oído funcionan conjuntamente. Existen datos de que ambos músculos se contraen enérgicamente ante ruidos muy fuertes, a fin de amortiguarlos al fijar la palanca osicular. Ante sonidos muy débiles, no se contraen los músculos o solamente lo hace el músculo del estribo cuando el sujeto está muy atento para escuchar un sonido de muy baja intensidad, lo que favorece la movilidad de las membranas y en consecuencia la transmisión. Se le ha denominado «músculo de la escucha o de los secretos».



Figura 20-21. Sección sagital de la cabeza para mostrar el orificio faríngeo de la trompa auditiva (flecha). 1) Seno esfenoidal; 2) velo del paladar; 3) articulación atlantoaxial media; 4) lengua.

Ambos músculos pueden también contraerse al unísono con diferentes intensidades a fin de favorecer una determinada frecuencia de audición. Así, para favorecer la escucha de sonidos agudos se contrae más el músculo del martillo y para favorecer la escucha de sonidos graves, lo hace preferentemente el músculo del estribo.

Estos hechos explican los hallazgos clínicos que muestran hiperacusias en el caso de lesiones de los nervios facial y mandibular.

Mucosa de la caja del tímpano

Las paredes de la caja del tímpano están revestidas de una mucosa muy delgada en continuidad con la mucosa de la trompa auditiva y con las de las celdas mastoideas. La mucosa se refleja para revestir las estructuras del interior de la caja: huesecillos, ligamentos, tendones, vasos y nervios.

La disposición de la mucosa tapizando todos los elementos divide el interior de la caja en dos compartimientos: *compartimiento superior* (ático o receso epitimpánico) y *compartimiento inferior*.

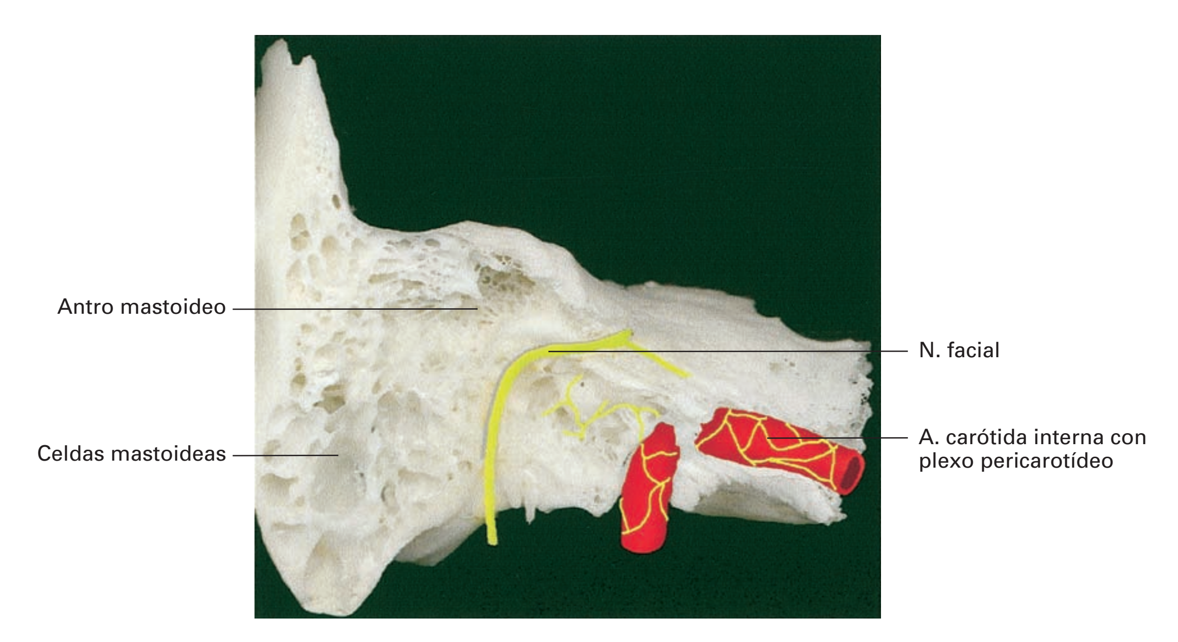


Figura 20-22. Celdas mastoideas en una sección sagital del hueso temporal.

Vascularización

Arterias. La caja está irrigada por ramas procedentes de las **arterias estilomastoidea**, **timpánica anterior**, **petrosa**, **faríngea ascendente** y **caroticotimpánica**. En el feto se desarrolla la arteria estapedia, que desaparece.

Venas. La caja drena hacia los **plexos pterigoideo** y **faríngeo**, hacia los **senos petrosos superior e inferior**, y hacia el **plexo venoso pericarotídeo**. Pequeñas venas drenan la parte inferior de la caja directamente hacia el **golfo de la yugular interna**.

Los *vasos linfáticos* drenan hacia los **ganglios parotídeos** y **retrofaríngeos**.

Inervación

Los nervios de la caja forman el **plexo timpánico** resultado de la fusión de ramas del **nervio timpánico** (rama del IX par) y del **nervio simpático caroticotimpánico**. El músculo del estribo está inervado por el **nervio facial** y el músculo tensor del martillo, por el **nervio mandibular** (V par).

Anatomía funcional de la caja del tímpano

En la escala zoológica, el sistema de recepción de vibraciones sonoras surge en el medio acuático. Los mamíferos que viven en tierra deben recibir los sonidos a través del aire, pero finalmente éstos tienen que llegar al oído interno, que se halla en un medio líquido (perilinfa y endolinfa). Cuando las vibraciones sonoras que se propagan por el aire encuentran un medio líquido son mayoritariamente reflejadas, de tal forma que solamente el 1/1000 de su energía es transmitida al líquido en cuestión.

El oído medio permite que la transmisión del sonido desde el aire al medio líquido, donde se encuentra el receptor auditivo, se realice sin pérdida de energía y, a su vez, gracias al sistema muscular de la cadena osicular, puede modular y acomodar las ondas vibratorias que llegan al oído interno. La eficacia de la transmisión de la energía sonora mediante la cadena de huesecillos es del 99 %.

En el ser humano, para realizar la transmisión de las ondas sonoras desde el aire al órgano receptor se pueden utilizar tres vías:

a) *Vía aérea directa*, a través de la caja del tímpano sin pasar por el sistema osicular. Es muy poco eficaz.

b) *Vía ósea*, a través de las ínfimas vibraciones transmitidas por los huesos del cráneo. Es también muy poco eficaz.

El médico puede estudiar este tipo de transmisión apoyando un diapasón sobre la apófisis mastoides o sobre la calota craneal.

c) *Vía a través de la cadena osicular*: las ondas sonoras hacen vibrar la membrana del tímpano y esta vibración es transmitida mediante la cadena de huesecillos a los líquidos laberínticos. Es la vía más importante y eficaz.

La pérdida de la cadena osicular o su esclerosis produce disminución de la agudeza auditiva valorable en 30 decibelios aproximadamente (hipoacusia).

Tuba auditiva

La **tuba** o **trompa auditiva (trompa de Eustaquio)**[8] es un conducto que comunica la caja del tímpano con la nasofaringe (Fig. 20-9). Esta comunicación cumple una doble función: compensar presiones entre el interior de la caja y el exterior a fin de favorecer activamente la salida a su través de las secreciones de la mucosa de la caja y de las celdas mastoideas.

> En relación con estas funciones pueden deducirse los síntomas en casos patológicos: hipoacusia por diferentes presiones a ambos lados de la membrana timpánica y dolor por aumento de presión en la caja, mientras que la dificultad para la expulsión de secreciones puede ocasionar infecciones en el oído medio.

Forma

La tuba auditiva se dirige oblicuamente desde la pared anterior de la caja del tímpano hacia abajo, hacia delante y hacia dentro; mide unos 4 cm y está formada por dos segmentos, el externo óseo (1/3 externo) y el interno fibrocartilaginoso (2/3 internos), separados por un estrechamiento denominado istmo de la trompa.

La trompa auditiva es ligeramente aplanada y está comprendida entre el músculo tensor del velo del paladar y la cisura petrotimpánica por fuera, y el músculo elevador del velo del paladar y el conducto carotídeo por dentro. La trompa auditiva hace un relieve en la pared lateral de la nasofaringe.

El **orificio timpánico** se abre en la pared anterior de la caja del tímpano. El **orificio faríngeo** (Fig. 20-21) se sitúa en la pared lateral de la nasofaringe, a un centímetro de la extremidad posterior del cornete inferior. Adopta una forma triangular, con un labio anterior que se prolonga hasta el velo del paladar por el pliegue salpingopalatino, un labio posterior que se prolonga hacia abajo mediante el pliege salpingofaríngeo y un labio inferior o rodete del elevador, producido por el músculo elevador del velo del paladar.

Estructura

La **porción ósea** (1/3 externo) adopta la forma de un conducto óseo cónico formado en sus caras superior, interna e inferior por el peñasco del temporal, y en su pared externa por el hueso timpánico.

La **porción fibrocartilaginosa** (2/3 internos) es igualmente cónica, formada por un cartílago elástico en forma de canal que constituye las paredes superior y posterointerna, y una lámina membranosa que completa el cono por su parte externa.

El interior de la trompa está tapizado por una mucosa con células ciliadas, glándulas y folículos linfoides que se agrupan formando la **amígdala tubárica**. Las células ciliadas favorecen el drenaje de secreciones de la caja del tímpano.

Los músculos elevador y tensor del velo del paladar, al insertarse en la pared fibrocartilaginosa de la trompa auditiva, favorecen su apertura y cierre durante la masticación y la deglución.

Vascularización

Las *arterias* provienen de la carótida externa (**faríngea ascendente**, **meníngea media** y **vidiana**).

Las *venas* drenan hacia los **plexos pterigoideos**.

Los *vasos linfáticos* drenan hacia los **ganglios linfáticos faríngeos** y **cervicales**.

Inervación

Los nervios de la trompa auditiva se originan en el **plexo timpánico** y en el ramo faríngeo del ganglio esfenopalatino.

CELDAS MASTOIDEAS (Fig. 20-22)

Son divertículos de la caja del tímpano que contienen aire, están tapizados por mucosa y se excavan en la mastoides. Se desarrollan progresivamente con la edad a partir del 7.º mes de vida intrauterina, y su desarrollo es muy variable.

Se distingue:

El *additus ad antrum*, que es un canal prismático triangular de base superior que comunica el ático de la caja del tímpano con el antro mastoideo.

El **antro mastoideo**, que es una cavidad irregular que da acceso a las celdillas. Contrae relaciones con el nervio facial situado en su parte anterior y con el seno lateral situado por detrás.

> Se proyecta en la superficie de la mastoides en un cuadrilátero delimitado por cuatro líneas: la superior pasa 5 mm por encima del orificio del conducto auditivo externo, la inferior es paralela a la anterior pero situada 1 cm mas abajo, la anterior es una vertical que pasa por detrás del orificio del conducto auditivo externo, la posterior es una línea paralela a está última pero situada 1 cm más atrás.
>
> Esta proyección tiene interés cuando se precisa abordar el antro mastoideo por trepanación para drenar, por ejemplo, una colección purulenta (**mastoiditis**).

[8] Bartolomeo Eustachio, médico y anatomista italiano, impulsor notable del renacimiento de la anatomía (1500-1574).

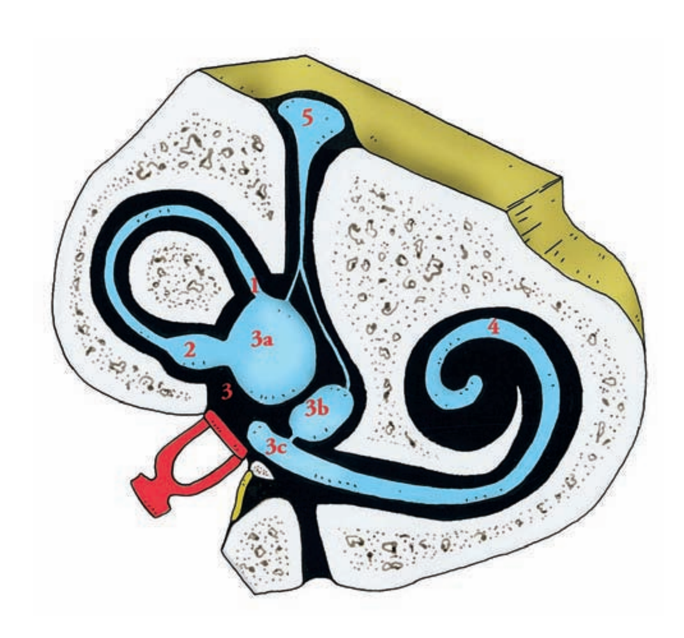


Figura 20-23. Laberinto óseo y membranoso: 1) Porción no ampollar del conducto semicircular; 2) Porción ampollar del conducto semicircular. 3) Vestíbulo óseo conteniendo en su interior el utrículo (3a), el sáculo (3b) y el inicio del conducto coclear (3c); 4) caracol óseo y membranoso; 5) acueducto del vestíbulo y fondo de saco endolinfático. (Basado en Testut.)

Las **celdillas mastoideas** son cavidades neumáticas o divertículos que parten del antro en todas direcciones.

Vascularización

Las arterias provienen de las arterias meníngea media, timpánica y estilomastoidea.

Las venas drenan hacia los senos petroso y lateral.

Los vasos linfáticos drenan en los ganglios linfáticos mastoideos y parotídeos.

OÍDO INTERNO (Fig. 20-9)

En el oído interno se sitúan dos órganos sensoriales especializados que contienen mecanorreceptores ciliados: el órgano coclear transduce información auditiva y el órgano vestibular o del equilibrio transduce información sobre la posición y el movimiento de la cabeza. Estos órganos transmiten la información al sistema nervioso central a través del VIII par craneal.

Los órganos coclear y vestibular se encuentran en el interior del hueso temporal, y las células receptoras de ambos sentidos de la audición y del equilibrio se hallan en las paredes de unas estructuras membranosas contorneadas (**laberinto membranoso**) que a su vez se hallan contenidas dentro de unas cavidades óseas (**laberinto óseo**).

El laberinto membranoso contiene en su interior un líquido, la **endolinfa**, cuya composición iónica es muy similar a la de los líquidos intracelulares, es decir, elevada en potasio y baja en sodio. Entre el laberinto óseo y el membranoso se halla un líquido, la **perilinfa**, cuya composición es similar a la del líquido cefalorraquídeo.

Laberinto óseo (Fig. 20-23)

El laberinto óseo lo forman una serie de cavidades labradas en el tejido óseo compacto del peñasco del hueso temporal. Se halla situado medialmente al oído medio, y en él se pueden distinguir las siguientes porciones: vestíbulo, conductos semicirculares y el caracol.

Vestíbulo óseo

El **vestíbulo óseo** es una cavidad ovoidea o en forma de paralelepípedo situada entre la caja del tímpano por fuera y el conducto auditivo interno por dentro.

Se pueden distinguir seis paredes.

La *pared lateral* responde a la caja del tímpano y en ella se encuentra la abertura de la ventana oval ocluida por la platina del estribo.

La *pared medial* limita con el fondo del conducto auditivo interno. Es, fundamentalmente, una pared nerviosa, pues está atravesada por numerosos ramos nerviosos procedentes del laberinto membranoso. En ella se encuentran tres fositas. Dos son anteriores y superpuestas: el **receso esférico** (*fosita hemisférica*) por abajo, y el **receso elíptico** (*fosita semiovoidea*) por encima. Ambos recesos están separados por la cresta del vestíbulo. Por detrás se encuentra el **receso** o **fosita coclear** y, por encima de éste, hay un surco, el *canal sulciforme*, que es la entrada al acueducto del vestíbulo.

Los tres recesos están atravesados por fibras centrípetas del VIII par, por lo que se observan acribilladas de orificios con un color más blanquecino, que constituyen las **manchas cribosas**.

La *pared anterior* presenta la comunicación con la rampa vestibular del caracol.

La *pared posterior* tiene el orificio ampollar del conducto semicircular posterior.

La *pared superior* presenta cuatro orificios: dos posteriores que corresponden al orificio no ampollar del conducto semicircular externo y al orificio común de los conductos semicirculares superior y posterior, y dos anteriores, el orificio ampollar del conducto semicircular externo y el orificio ampollar del conducto semicircular superior.

La *pared inferior* o suelo del vestíbulo da origen a la lámina espiral del caracol; es incompleta, ya que por fuera de la lámina espiral comunica con un pequeño receso del vestíbulo, la *cavidad subvestibular*, que a su vez comunica con la rampa timpánica del caracol.

El vestíbulo comunica con el interior de la cavidad craneal mediante un conducto, el **acueducto del vestíbulo**, que se abre en la cara posterior del peñasco del temporal.

El acueducto del vestíbulo contiene el conducto endolinfático.

Conductos semicirculares (Fig. 20-24)

Los **conductos semicirculares óseos** son tres tubos cilíndricos perpendiculares entre sí, curvados en forma de herradura, cuyas dos extremidades se abren por sendos orificios en el vestíbulo. Uno de estos orificios de cada conducto se halla dilatado, el **orificio ampollar**.

El **conducto semicircular superior** está situado en un plano perpendicular al eje del peñasco. Su orificio ampollar es el anterior; el orificio no ampollar es común con el orificio no ampollar del conducto semicircular posterior.

El **conducto semicircular posterior** se sitúa en un plano vertical paralelo al eje mayor del peñasco. El orificio ampollar es el inferior.

El **conducto semicircular lateral** se sitúa en un plano horizontal. El orificio ampollar es el anterior.

Caracol óseo (Figs. 20-25; 20-27)

El **caracol óseo** es un tubo enrollado en forma de espiral alrededor de un eje cónico, la **columela** o **modiolo**. El caracol da dos vueltas y media de espira alrededor de la columela y se sitúa por dentro del promontorio; termina su extremidad en un fondo de saco denominado **cúpula**.

En el caracol se distinguen las siguientes estructuras:

La **lámina de los contornos**, que está formada por las paredes óseas del tubo del caracol.

La **lámina espiral**, una lámina ósea incompleta situada en el interior del tubo del caracol, fijada en la columela, da también dos vueltas y media de espira alrededor de la misma. La lámina espiral divide parcialmente el tubo del caracol óseo en dos partes: la parte superior se denomina **rampa vestibular** porque comunica con el vestíbulo; la parte inferior es la **rampa timpánica** y comunica con la ventana redonda de la caja del tímpano. Estas rampas son incompletas y se completan con las membranas del laberinto membranoso. Como veremos, de la lámina espiral salen dos membranas pertenecientes al laberinto membranoso: la membrana vestibular y la membrana basilar. Por ello, en el caracol, con todas sus estructuras encontramos tres conductos o rampas: vestibular, coclear y timpánica.



Figura 20-24. Conductos semicirculares óseos.



Figura 20-25. Caracol óseo.

El **conducto espiral del modiolo** está situado en la base de unión de la lámina espiral con la columela y contiene el **ganglio espiral** (*ganglio de Corti*), asiento de la primera neurona de la vía auditiva.

La **columela** es el cono óseo central del caracol, cuyo eje mayor se dirige hacia delante y hacia abajo; su base se corresponde con el área coclear del fondo del conducto auditivo interno. Se halla perforado por múltiples canalículos que contienen fibras del nervio coclear que pasan al conducto auditivo interno.

El **acueducto del caracol** es un fino canalículo que desde el caracol se dirige al borde posterior del peñasco y en su interior se encuentra una vénula.

Laberinto membranoso (Fig. 20-26)

Comprende las partes blandas contenidas en el laberinto óseo, y en él se encuentran los órganos receptores de la audición y del equilibrio. Se distinguen tres partes: vestíbulo, conductos semicirculares y caracol membranoso o conducto coclear.

Vestíbulo membranoso

El **vestíbulo membranoso** está constituido por el utrículo, el sáculo, el conducto reuniens y el conducto endolinfático.

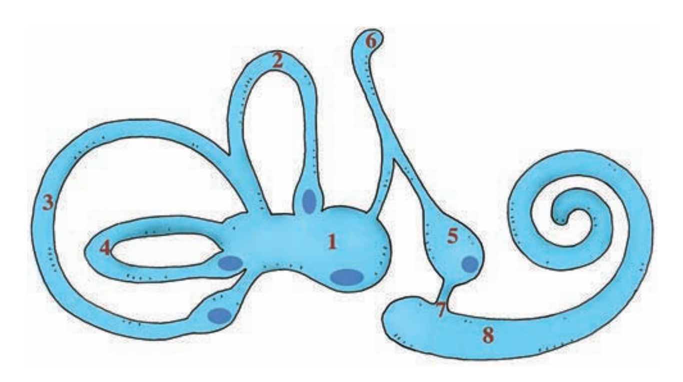


Figura 20-26. Laberinto membranoso: 1) utrículo; 2) conducto semicircular superior; 3) conducto semicircular posterior; 4) conducto semicircular lateral; 5) sáculo; 6) conducto endolinfático; 7) conducto reuniens; 8) conducto coclear. Obsérvese la posición de las máculas.

El **utrículo** es un saco aplanado en sentido transversal que se halla a nivel del receso elíptico del vestíbulo óseo. Hacia el suelo del utrículo se encuentra la **mácula utricular**, en posición erguida es aproximadamente horizontal. Está en relación con el nervio utricular. En ella se hallan los receptores maculares que presentan cilios empotrados en una sustancia gelatinosa que contiene cristales de carbonato cálcico denominados *otoconias* u *otolitos.* Los otolitos determinan que la membrana gelatinosa en posición erguida se deposite haciendo presión sobre los receptores, lo que indica en que posición se encuentra la cabeza en relación con la gravedad. Es lo que se denomina sentido del equilibrio estático.

En el utriculo se abren los canales semicirculares.

El **sáculo** es una pequeña bolsa esferoidal, situada debajo del utrículo, a nivel del receso esférico del laberinto óseo. En su cara interna presenta la **mácula del sáculo**, donde se origina el nervio sacular. La mácula del sáculo es similar a la del utrículo, a diferencia de su orientación, pues mientras que la del utrículo es horizontal, la del sáculo es vertical. La mácula del sáculo también responde a la gravedad, permite la orientación de la cabeza en relación con las fuerzas gravitatorias.

El **conducto reuniens** (*conducto de Hensen*) se halla situado en la parte inferior del sáculo y lo comunica con el caracol.

El **conducto endolinfático** resulta de la unión de dos pequeños conductillos que salen del utrículo y del sáculo. Ocupa el acueducto del vestíbulo y se extiende hasta la fosa craneal posterior, donde termina en fondo de saco que levanta la duramadre.

Conductos semicirculares membranosos

Se hallan en el interior de los conductos semicirculares óseos y como éstos son tres: **superior, posterior** y **externo**. Su calibre es la cuarta parte del conducto óseo semicircular correspondiente; el resto del conducto está ocupado por la perilinfa.

Todos los vertebrados con mandíbula poseen tres conductos semicirculares. En todos los casos son perpendiculares entre sí. Cada uno tiene una porción dilatada, la **ampolla membranosa,** donde se ubican las células receptoras del equilibrio dinámico, que se disponen en forma de crestas perpendiculares al eje mayor del conducto, las **crestas ampollares**, lugar de origen del nervio vestibular. La superficie de cada cresta está formada por células de soporte y por células ciliadas sensoriales, y se halla recubierta por una estructura gelatinosa denominada cúpula en la que están empotrados los cilios. La desviación de la cúpula a causa del movimiento de la cabeza, que por inercia mueve la endolinfa, desplaza los cilios y excita o inhibe las células ciliadas, que a su vez hacen sinapsis con las fibras nerviosas vestibulares. La orientación de los conductos semicirculares perpendiculares entre sí permite captar la dirección y el sentido del movimiento de la cabeza.

Conducto coclear (Fig. 20-27)

El caracol membranoso está situado en el interior del caracol óseo, donde ocupa el espacio entre la lámina espiral y la lámina de los contornos, completando así la separación entre la rampa vestibular y la rampa timpánica. Se origina en la cavidad vestibular en un fondo de saco, donde a través del conducto reuniens se comunica con el sáculo, se introduce en el orificio vestibular de la cóclea ósea y la recorre en sus dos vueltas y media de espira hasta cúpula. En el interior del caracol óseo hay tres conductos o rampas: la rampa timpánica y la rampa vestibular contienen perilinfa y se comunican entre ellas a nivel de la cúpula del caracol por el orificio denominado helicotrema; y el caracol membranoso o rampa coclear que contiene endolinfa.

El caracol membranoso adopta al corte una forma triangular con tres caras:

La *cara externa* se halla en contacto con la lámina de los contornos, cuyo periostio se engruesa para formar el **ligamento espiral**. En el ligamento espiral hay una zona muy vascularizada, la **estría vascular**, cuyas células epiteliales especializadas secretan la endolinfa.

La *cara superior* está formada por la **membrana vestibular** (*membrana de Reissner*), que es una lámina conjuntiva tapizada por endotelio. Se inserta medialmente en la lámina espiral y lateralmente en el ligamento espiral.

La *cara inferior* está formada por la **membrana basilar**, que también se inserta en la lámina espiral y en el ligamento espiral. Es sobre la membrana basilar donde asienta el **órgano coclear** (**órgano de Corti**), receptor de los sonidos.

El VII/VIII par, a través del nervio coclear, transmite la información auditiva al sistema nervioso central.

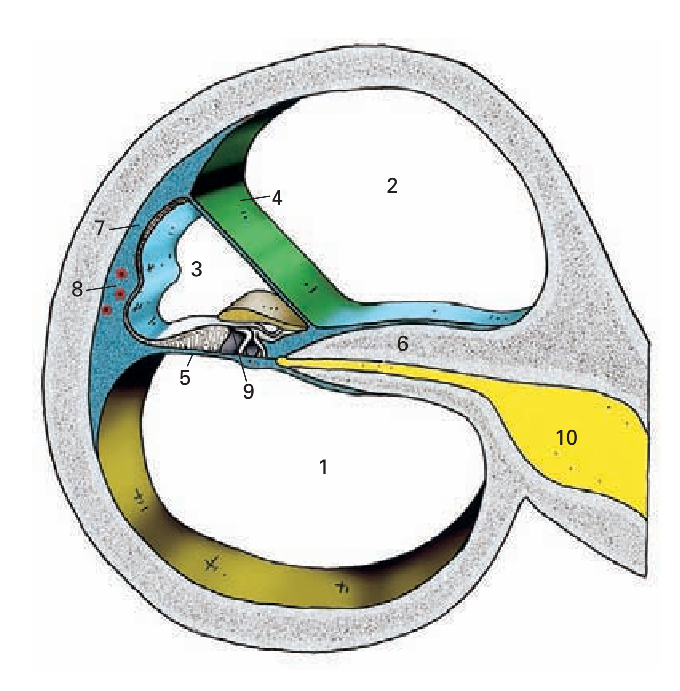


Figura 20-27. Corte del caracol: 1) rampa timpánica; 2) rampa vestibular; 3) conducto coclear; 4) membrana vestibular; 5) membrana basilar; 6) lámina espiral; 7) ligamento espiral; 8) estría vascular; 9) órgano de Corti; 10) ganglio espiral.

Las vibraciones transmitidas a través de la platina del estribo llegan a la perilinfa y hacen vibrar la membrana basilar deformando el conducto coclear. Esta vibración y deformación estimula las células sensoras del órgano de Corti.

La membrana basilar es más ancha en la cúpula (0.5 mm) y más estrecha en la base del caracol (0.04 mm), diferencia que es uno de los factores determinantes de la discriminación auditiva.

Vascularización

El oído interno está irrigado por la **arteria laberíntica**, rama del tronco basilar.

La sangre venosa drena mediante la **vena laberíntica** y la **vena del acueducto del vestíbulo** en el seno petroso superior o en el seno lateral, y mediante la **vena del acueducto del caracol**, en la vena yugular interna.

ÓRGANO DEL OLFATO

El órgano del olfato contiene el receptor de la olfación, el cual es, al mismo tiempo, la primera neurona de la vía olfatoria que conduce los estímulos olorosos a los centros cerebrales. Estudiaremos aquí únicamente el órgano (epitelio) de la olfación y el nervio olfatorio. El estudio detallado de la vía olfatoria se hace en el Tomo II de esta obra.

El órgano olfatorio se encuentra en la mucosa de las fosas nasales (se han descrito estas cavidades con el aparato respiratorio). La **región olfatoria de la mucosa nasal** (Fig. 20-28) es un área situada en el techo de la fosa nasal, bajo la lámina cribosa del etmoides, que se extiende sobre la parte alta del tabique y el cornete superior. Su extensión es de 1 cm^2. Tiene un color amarillento que la distingue del resto de la mucosa nasal.

La mucosa está constituida por un *epitelio olfatorio de carácter pseudoestratificado* en el que se distinguen tres tipos de células: sensoriales, de soporte y basales (Fig. 20-29).

Las **células sensoriales olfatorias** son al mismo tiempo la célula receptora y la primera neurona de la vía olfatoria. Es ésta una característica singular dentro de las vías de información del sistema nervioso, que recuerda a la organización del primitivo sistema nervioso de los invertebrados (la proximidad de la neurona a la superficie de estímulo).

La célula receptora es una neurona bipolar que consta de una prolongación periférica y otra central. La *prolongación periférica* (con características de dendrita) termina en un extremo del que parten de 6 a 8 cilios (pelos olfativos) incluidos en una capa de moco. La *prolongación central* es un axón amielínico. Los axones se agrupan en aproximadamente veinte finos fascículos que forman el nervio olfatorio (véase más adelante).

Las **células de soporte**, de forma cilíndrica alargada, se encuentran entre las células sensoriales, rodeándolas y aislándolas eléctricamente.

Las **células basales** son células madre que renuevan continuamente las neuronas receptoras[9]. Las neuronas sensoriales degeneran y son fagocitadas por las células de sostén. La población de células receptoras se estima en diez millones y disminuye con la edad. Con el envejecimiento se pierde capacidad discriminativa de los olores.

En la mucosa hay **glándulas olfatorias** que producen la película de moco en la que están inmersos los cilios receptores. Se sitúan bajo el epitelio y vierten su secreción por conductos tubulares que discurren entre las células de sostén. El moco es esencial para la penetración de las moléculas olorosas, y su contacto con los cilios puede tener una acción bactericida.

Nervio olfatorio (Fig. 20-28)

El considerado I par craneal está formado por los axones amielínicos de las neuronas receptoras del epitelio olfatorio. No es un nervio único, sino un conjunto de filetes nerviosos (**nervios olfatorios**). Efectivamente, los axones de las células neurosensoriales se agrupan formando unos

[9] El epitelio olfatorio es el primer lugar del sistema nervioso donde se describieron células con capacidad de diferenciarse en neuronas después del nacimiento. Posteriormente, se han descrito en el hipocampo y en otras zonas cerebrales. Estos descubrimientos han echado por tierra el concepto clásico y dogmático de que no había diferenciación neuronal posnatal.

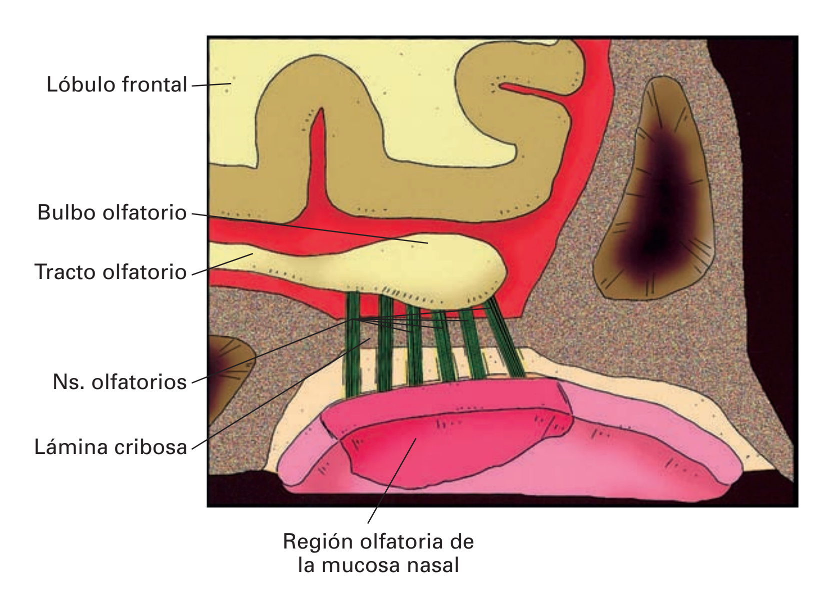


Figura 20-28. Sección sagital de la región del techo de las fosas nasales para mostrar la mucosa olfatoria y los nervios olfatorios.

veinte haces (nervios olfatorios) que atraviesan los orificios de la lámina cribosa del etmoides, y, en el suelo de la fosa craneal anterior, penetran en el **bulbo olfatorio**, donde hacen sinapsis con la segunda neurona de la vía olfatoria (*células mitrales*) (Fig. 20-29).

Los nervios olfatorios están rodeados de una vaina dural que se continúa con el periostio de la lámina cribosa y de un fondo de saco leptomeníngeo, que penetra en el tejido conectivo de la mucosa nasal.

El nervio olfatorio se puede lesionar como consecuencia de fracturas de la base de cráneo que interesan a la lámina cribosa, o bien por afecciones de la mucosa nasal tales como inflamación (rinitis) o pólipos nasales. La pérdida del olfato (**anosmia**) suele ser unilateral. En caso de fractura, la ruptura de las envolturas leptimeníngeas provoca un escape de líquido cefalorraquídeo por las fosas nasales que sale mezclado con sangre.

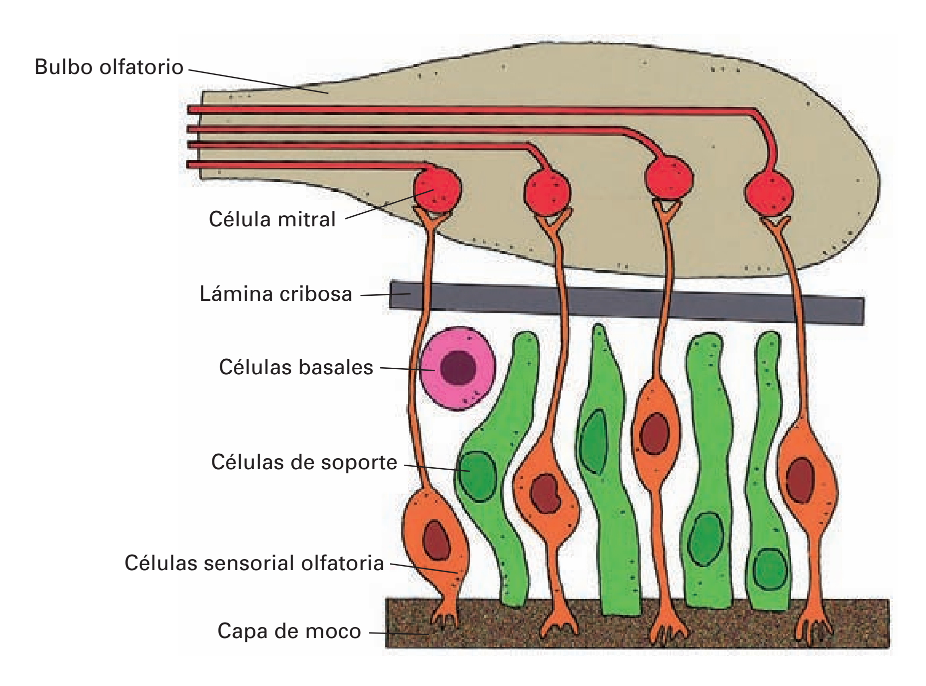


Figura 20-29. Representación esquemática de los componentes celulares de la mucosa olfatoria y de sus conexiones con el bulbo olfatorio.

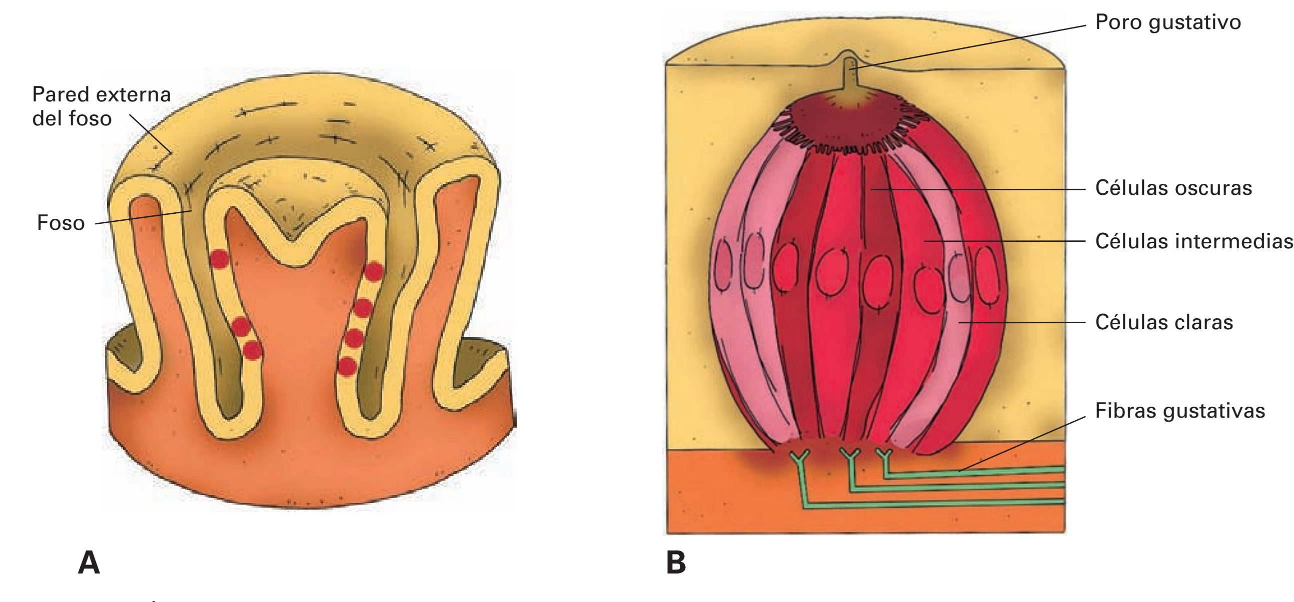


Figura 20-30. Órgano del gusto. A) Sección de una papila caliciforme de la lengua con la posición de los botones gustativos (círculos rojos). B) Botón gustativo.

Nervio terminal

El **nervio terminal**, algunas veces denominado *nervio craneal cero*, es un delgadísimo filete nervioso que existe en todos los vertebrados y que en el ser humano se encuentra en regresión. Su reconocimiento requiere el uso de lupa o de microscopio quirúrgico. Nace de forma plexiforme en la mucosa de la parte alta del tabique nasal. Atraviesa la lámina cribosa y se coloca bajo la duramadre a los lados de la apófisis *crista galli*. Perfora la meninge y discurre hacia atrás medialmente al bulbo y al tracto olfatorio. Termina perdiéndose en la sustancia perforada posterior y, posiblemente, alcance el hipotálamo por la lámina terminal. A lo largo de su trayecto hay neuronas bipolares aisladas. Su función en la especie humana es desconocida.

Se discute su papel vegetativo vasomotor de la mucosa nasal y su posible papel como regulador de la olfación. En embriones de algunas especies se ha observado que el nervio terminal es una vía de migración de neuronas desde la placoda olfatoria al hipotálamo; las neuronas que migran segregan el factor polipéptido GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), esencial para la regulación de conductas sexuales. Las neuronas que se encuentran en su trayecto producen este factor.

ÓRGANO DEL GUSTO

Las sensaciones gustativas son recogidas por receptores denominados **botones** o **corpúsculos gustativos**. Pertenecen a la categoría de quimiorreceptores. Se encuentran inmersos en el epitelio de la boca y de la faringe. Fundamentalmente se disponen en las papilas linguales (paredes enfrentadas de las papilas caliciformes, papilas fungiformes y papilas foliadas), y, en menor número, en el velo del paladar, la pared posterior de la orofaringe y la entrada a la laringe.

Son cuerpos ovalados que se extienden en el espesor del epitelio desde la lámina basal hasta abrirse en una pequeña cavidad de la superficie denominada **poro gustativo**.

Constan de 20 a 50 células dispuestas en capas concéntricas. Las células son alargadas y se estrechan a nivel del poro gustativo, donde emiten microvellosidades que se sumergen en un material glucoproteico que ocupa el poro gustativo.

Se han descrito tres tipos celulares (**oscuras, intermedias** y **claras**) que posiblemente representan fases de diferenciación de las células. En la base del botón hay **células madre (basales)** que regeneran continuamente la población celular.

Sobre la base de las células sinaptan las fibras aferentes de los nervios que recogen la sensibilidad gustativa (**facial, glosofaríngeo** y **vago**).

Los botones son capaces de diferenciar numerosísimos sabores sobre la base de la combinación de cuatro sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo. La naturaleza y los mecanismos de la discriminación gustativa, así como la vía nerviosa que conduce, los impulsos a los centros cerebrales se analizan en el Tomo II de esta obra.

SECCIÓN XIII

SÍNTESIS TOPOGRÁFICA

CAPÍTULO 21

Topografía de la cabeza y el cuello

ORGANIZACIÓN GENERAL

La cabeza se divide topográficamente en regiones dispuestas en relación con los huesos de la bóveda craneal (**región frontal, región occipital, región parietal y región temporal**) y las que conforman la **cara**. Las regiones craneales corresponden en profundidad al contenido de la cavidad craneal (meninges, lóbulos y circunvoluciones del cerebro) y se analizarán en el Tomo II de esta obra.

Estudiaremos aquí algunas de las principales regiones de la cara.

CARA

La cara se puede dividir en una mitad superior que corresponde a la nariz, fosas nasales y cavidades orbitarias, y una mitad inferior que se organiza entorno a la boca y la faringe.

La nariz y las fosas nasales han sido estudiadas (ver cráneo y aparato respiratorio), resta hacer un análisis sintético de la cavidad orbitaria.

Con respecto a la mitad inferior de la cara, ésta consta de un conjunto de regiones superficiales dispuestas por delante y a los lados de la boca, que denominaremos **regiones faciales anteriores**, y un conjunto de **espacios** o regiones más profundas situadas en torno a la faringe cefálica.

Las regiones faciales anteriores están en relación con los labios (**región labial**), las mejillas (**región bucal**), la porción inferior de la órbita (**región infraorbitaria**), el hueso malar (**región cigomática**) y el mentón (**región mentoniana**). No hay nada que añadir sobre estas regiones a lo ya descrito en otras partes de esta obra.

Las regiones o espacios dispuestos en la vecindad de la faringe requieren un estudio sintético.

Finalmente, haremos una síntesis de las regiones del suelo de la boca.

CAVIDAD ORBITARIA

Las paredes óseas de la cavidad orbitaria se han estudiado en el capítulo correspondiente del cráneo (página 74).

La cavidad orbitaria está dividida en un **compartimiento anterior o bulbar** y otro **posterior o retrobulbar**. La **vaina del bulbo ocular** (*cápsula de Tenon*) separa ambos compartimientos. El compartimiento bulbar se ha analizado con el globo ocular. Nos ocuparemos aquí del compartimiento retrobulbar.

Compartimiento retrobulbar (Fig. 21-1)

A esta región se tiene acceso por una serie de comunicaciones situadas en el fondo de la órbita.

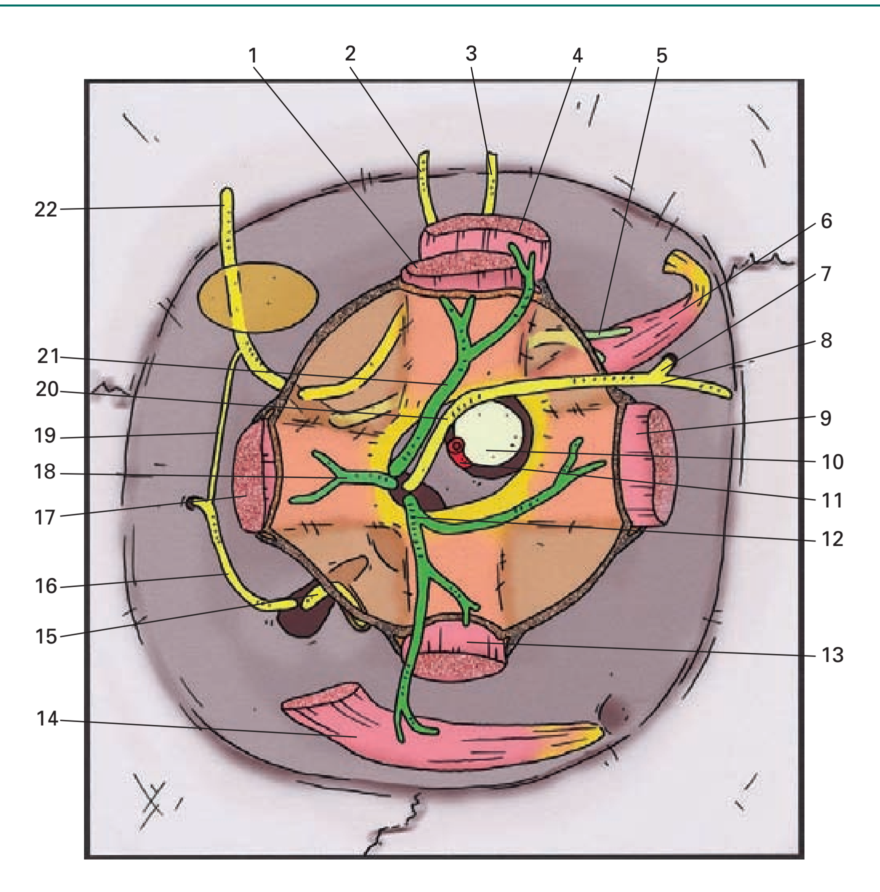


Figura 21-1. Visión anterior del espacio retrobulbar de la cavidad orbitaria derecha tras eliminar el globo ocular y la vaina bulbar. Las fascias de los músculos extrínsecos se unen entre sí formando un cono musculoaponeurótico. Algunos elementos nerviosos y vasculares se disponen en el interior del cono y otros entre éste y las paredes orbitarias. El círculo ocre representa la glándula lagrimal. Nervios motores oculares (verde). Ramos del trigémino (amarillo).

1) M. recto superior; 2) rama lateral del n. supraorbitario (frontal); 3) rama medial del n. supraorbitario (frontal); 4) m. elevador del párpado; 5) n. troclear; 6) m. oblicuo superior; 7) n. etmoidal anterior; 8) n. infratroclear; 9) m. recto medial; 10) nervio óptico; 11) arteria oftálmica; 12) Rama inferior del n. oculomotor; 13) m. recto inferior; 14) m. oblicuo inferior; 15) n. infraorbitario; 16) n. cigomático; 17) m. recto lateral; 18) n. abducens; 19) ramo comunicante con nervio lagrimal; 20) n. nasociliar; 21) rama superior del n. oculomotor; 22) nervio lagrimal.

Vías de acceso

1) El **canal óptico**, encerrado en la porción medial del anillo tendinoso común, da paso al **nervio óptico** y a la **arteria oftálmica**.

2) La **fisura orbitaria inferior**, muy obliterada por el periostio y algunas fibras musculares lisas (músculo orbitario). Comunica con las regiones infratemporal y pterigopalatina. Da paso a los **nervios infraorbitario** y **cigomático** y a la **arteria y vena infraorbitaria**.

3) La **fisura orbitaria superior** está dividida por el **anillo tendinoso común** en una zona lateral, estrecha, y una zona medial englobada por el anillo tendinoso.

Por la *zona lateral* pasan de lateral a medial los **nervios lagrimal, frontal y troclear**, y las **venas oftálmicas superior e inferior** que lo pueden hacer juntas o independientemente.

Por la *zona medial* entran varios nervios dispuestos como los extremos de una cruz: *superiormente*, la **rama superior del oculomotor**; *inferiormente*, la **rama inferior del oculomotor**; *medialmente*, el nasociliar; y *lateralmente*, el **abducens**.

Contenido

El interior del espacio retrobulbar puede organizarse sobre los músculos del globo ocular.

Estos músculos se disponen en cuatro grupos a saber, *grupo superior*: músculos elevador del párpado y recto superior; *grupo inferior*: músculo recto inferior; *grupo medial*: músculos oblicuo superior y recto medial, y *grupo lateral*: músculo recto lateral. El músculo oblicuo inferior se sitúa por debajo de la región bulbar.

Cada uno de estos músculos se encuentra encerrado en una vaina fascial que por delante se continúa con la vaina del bulbo. A su vez, estas vainas musculares están unidas entre sí por tabiques intermusculares, de modo que se delimita un *cono musculoaponeurótico* cuyo vértice es el fondo

de la órbita y cuya base es el globo ocular. En el interior del cono se forma un amplio *espacio intramuscular* y por fuera del cono, entre éste y las paredes óseas, un estrecho *espacio perimuscular*. Ambos espacios están rellenados de gran cantidad de tejido adiposo (**cuerpo adiposo de la órbita**) por el cual discurren los nervios y vasos de la cavidad orbitaria. Los elementos que pasan por el anillo tendinoso común penetran en el espacio intramuscular y los que pasan por las otras comunicaciones acceden al espacio perimuscular.

El *eje* del espacio intramuscular lo constituye el **nervio óptico**. Sale del globo ocular a 3 mm por dentro y a 1 mm por debajo del polo posterior; se dirige hacia atrás y hacia dentro describiendo dos ligeras curvas que facilitan los movimientos del ojo, una anterior, de concavidad lateral, y otra posterior, de concavidad medial. El nervio está envuelto por una vaina de duramadre que se une a la esclerótica y un fondo de saco leptomeníngeo.

En torno al nervio óptico se disponen los **nervios y arterias ciliares largos y cortos**. El **ganglio ciliar** se sitúa lateralmente al nervio óptico en las proximidades del globo ocular.

Los vasos y nervios del espacio retrobulbar se sitúan en relación con los grupos musculares.

En relación con el músculo recto lateral se encuentran: *medialmente*, el **nervio abducens**; *lateralmente*, el **nervio cigomático** (que asciende en el espesor del periostio de la pared lateral); *superiormente*, el **nervio lagrimal** y la **arteria lagrimal**, que discurren en el espacio perimuscular.

En relación con los músculos recto medial y oblicuo superior: entre ambos músculos, y por el espacio intramuscular, discurren el **nervio nasociliar** y la **arteria oftálmica**. Ambas estructuras han cruzado previamente por encima del nervio óptico.

En relación con los músculos recto superior y elevador del párpado: *inferiormente*, la **rama superior del nervio oculomotor**, y, más alejada, la **vena oftálmica superior**; *superiormente*, y en el espacio perimuscular, el **nervio frontal**, la **arteria supraorbitaria** y el **nervio troclear**. Este último cruza por encima del elevador, nada más entrar en la órbita para dirigirse al músculo oblicuo superior.

En relación con el músculo recto inferior: *superiormente*, y en el interior del espacio intramuscular, la **rama inferior del nervio oculomotor** y la **vena oftálmica inferior**; *inferiormente*, en el suelo de la órbita, **el nervio, la arteria y la vena infraorbitarios**.

ESPACIO PERIFARÍNGEO (Fig. 21-2)

El **espacio perifaríngeo** rodea por detrás y a los lados la porción cefálica de la faringe.

Límites

Posterior: la columna cervical recubierta por los músculos prevertebrales y la hoja prevertebral de la fascia cervical.

Laterales: el músculo esternocleidomastoideo, la hoja superficial de la fascia cervical y la rama ascendente de la mandíbula.

La fascia bucofaríngea que reviste la faringe se une a la hoja prevertebral mediante dos tabiques conectivos parasagitales; de este modo, el espacio perifaríngeo se divide en dos zonas, el **espacio retrofaríngeo** y el **espacio laterofaríngeo**.

El **espacio retrofaríngeo** está ocupado por tejido conectivo laxo que facilita los movimientos de la faringe durante la deglución. Se delimita entre la pared posterior de la nasofaringe y los músculos prevertebrales. Contiene pequeños vasos sanguíneos y los ganglios linfáticos retrofaríngeos.

El **espacio laterofaríngeo**, mucho más amplio que el anterior, constituye el resto del espacio perifaríngeo. Sus límites son muy imprecisos y han sido considerados de muy distinta manera por numerosos autores. Aquí consideraremos que este espacio está subdividido por el diafragma estiloideo en dos compartimentos: uno posterior, el **espacio retroestiloideo**, y otro anterior, el **compartimiento preestiloideo**. A su vez, el compartimento prestiloideo es divisible en dos regiones topográficas: una posterior, la **región parotídea**, y otra anterior, la **región infratemporal**.

El **diafragma estiloideo**, que establece la frontera entre estos espacios, es un tabique musculofascial formado, de lateral a medial, por el vientre posterior del digástrico y los músculos estilohioideo, estilogloso y estilofaríngeo, tapizados todos ellos por la hoja profunda de la fascia parotídea que alcanza el tejido conectivo perifaríngeo. Los ligamentos estilohiodeo y estilomandibular refuerzan este tabique entre los músculos estilohioideo y estilogloso.

Región parotídea (Figs. 21-2 y 21-3)

La **región parotídea** se delimita en la superficie entre la rama ascendente de la mandíbula por delante, el músculo esternocleidomastoideo por detrás y el conducto auditivo externo por arriba. Contiene la **glándula parótida**, cuya forma se adapta a las paredes de la región, así como importantes vasos y nervios que la atraviesan.

La **fascia parotídea** envuelve la glándula parótida y la encierra en un compartimento de tejido conectivo denominado *celda parotídea*. La fascia parotídea es un desdoblamiento de la fascia cervical para englobar la glándula. Consta de una hoja superficial y otra profunda. La *hoja superficial* es la continuación de la hoja superficial de la fascia cervical; hacia delante cubre al músculo masetero y hacia arriba se inserta en el arco cigomático y se continúa con la fascia temporal; caudalmente se fija al ángulo de la mandíbula constituyendo un tabique conectivo que aísla la parótida de la glándula submandibular. La *hoja profunda* se dirige medialmente envolviendo los músculos del diafragma estíloideo hasta continuarse con el tejido conectivo perifaríngeo.

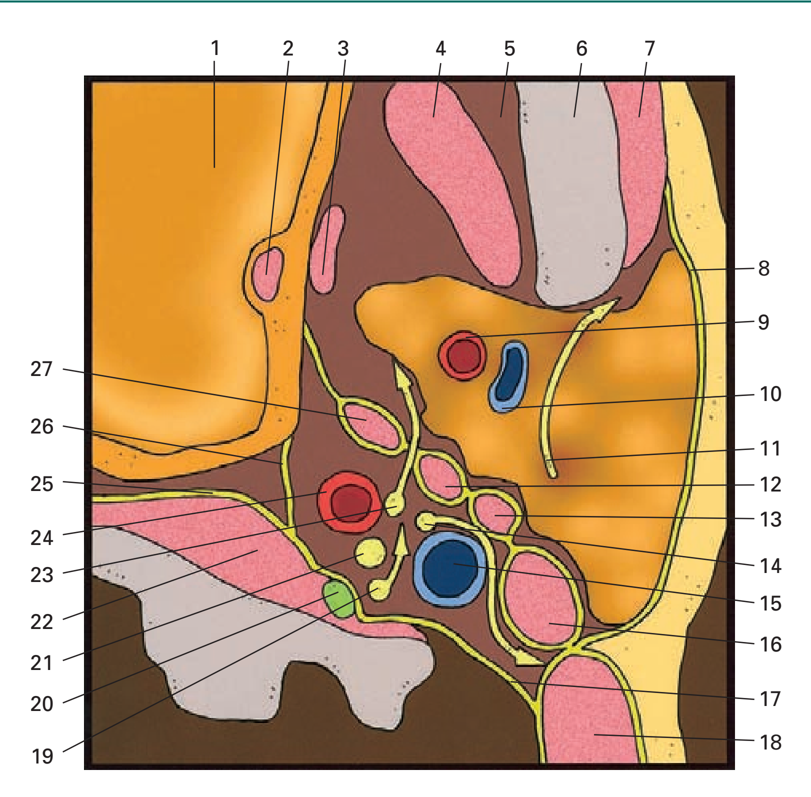


Figura 21-2. Corte transversal esquemático por el espacio perifaríngeo, mostrando especialmente las estructuras de la región parotídea y del espacio retroestiloideo. 1) Nasofaringe; 2) m. elevador del velo del paladar; 3) m. tensor del velo del paladar; 4) m. pterigoideo medial; 5) espacio interpterigoideo de la región infratemporal; 6) rama ascendente de la mandíbula; 7) m. masetero; 8) fascia parotídea; 9) arteria carótida externa; 10) vena retromandibular; 11) nervio facial; 12) m. estilogloso; 13) m. estilohioideo; 14) nervio accesorio; 15) vena yugular interna; 16) vientre posterior del digástrico; 17) hoja profunda de la fascia cervical; 18) m. esternocleidomastoideo; 19) nervio hipogloso; 20) ganglio cervical superior; 21) nervio vago; 22) músculos prevertebrales; 23) nervio glosofaríngeo; 24) arteria carótida interna; 25) espacio retrofaríngeo; 26) aleta faríngea; 27) m. estilofaríngeo.

Contenido (Fig. 8-32)

Como ya se ha mencionado, esta región contiene la glándula parótida, vasos intraparotídeos (arteria carótida externa y vena retromandibular) y nervios intraparotídeos (nervios facial y auriculotemporal).

Relaciones de la parótida

La *cara externa* de la glándula está adherida a la hoja superficial de la fascia parotídea, y a través de ella está cubierta por la piel y el tejido celular subcutáneo.

La *cara anterior* se adosa a los bordes posteriores de la rama ascendente de la mandíbula y de los músculos que la enmarcan, el masetero y el pterigoideo medial. Entre el cuello de la mandíbula y la fascia interpterigoidea se forma un orificio de comunicación con la región infratemporal. En la mayoría de los casos, la glándula se prolonga un poco sobre el músculo masetero. El conducto parotídeo emerge en este punto.

La *cara posterior* contacta con el esternocleidomastoideo, con la cortinilla musculofascial del diafragma estiloideo y con la apófisis estiloides. A través del diafragma estiloideo, la parótida entra en relación con los elementos del espacio retroestiloideo, muy especialmente con la vena yugular interna. Entre los músculos estilohioideo y estilofaríngeo se forma una hendidura por la que penetra la arteria carótida externa en la parótida.

La *base* se adosa a la parte posterior de la articulación temporomandibular y al conducto auditivo externo.

El *vértice* se apoya sobre el tabique conectivo que une la fascia parotídea al ángulo de la mandíbula.

Vasos intraparotídeos

La **arteria carótida externa** y la **vena retromandibular** forman un eje longitudinal que atraviesa la glándula. La vena es lateral a la arteria.

La carótida externa penetra en la celda parotídea por un hiato existente en el diafragma estiloideo entre los músculos estilohiodeo y estilofaríngeo, y asciende en el espesor de la parte más profunda de la glándula. En la parte alta, emite la **arteria maxilar** y la **temporal superficial**, las cuales salen de la glándula medialmente al cuello mandibular y por delante del trago, respectivamente.

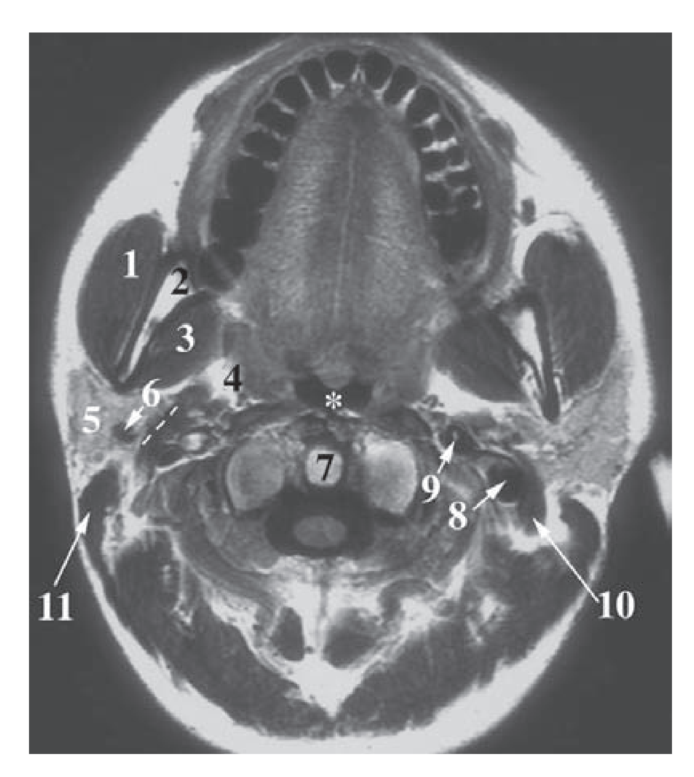


Figura 21-3. RM axial a nivel del atlas. 1) Músculo masetero; 2) mandíbula; 3) músculos pterigoideos; 4) espacio parafaríngeo; 5) parótida; 6) vena retromandibular; 7) diente del axis; 8) vena yugular interna; 9) arteria caríótida interna; 10) vientre posterior del digástrico; 11) músculo esternocleidomastoideo. Nasofaringe (asterisco). Las líneas discontinuas muestran el diafragma estiloideo.

La vena retromandibular se origina en la parte alta de la parótida por la unión de las **venas maxilar** y **temporal superficial**. Desciende verticalmente entre las porciones superficial y profunda de la glándula, por fuera de la carótida externa. Sale por el vértice formando la vena yugular externa. En el espesor de la glándula da una anastomosis (**rama anterior de la retromandibular**) a la vena facial.

Los **ganglios linfáticos parotídeos profundos** acompañan a la vena retromandibular en el espesor de la glándula. Los **ganglios superficiales,** escasos y pequeños, se sitúan sobre la cara externa de la glándula, por fuera o por dentro de la fascia.

Nervios intraparotídeos

El **nervio facial** entra en la celda por el hiato entre el digástrico y el estilohioideo, y atraviesa la glándula de atrás adelante perpendicularmente al eje vascular y por fuera de éste. Forma el **plexo parotídeo facial**, que divide la glándula en sus porciones superficial y profunda.

El **nervio auriculotemporal** entra en la parte alta de la parótida medialmente al cuello de la mandíbula y sale de ésta por la base glandular subiendo por delante del trago. Es satélite de los vasos maxilares y temporales superficiales.

Región infratemporal (Figs. 21-2 y 21-3)

La **región infratemporal** se corresponde con la fosa infratemporal del cráneo (pág. 77). Es un espacio muy irregular, de límites imprecisos. Contiene los músculos pterigoideos y es una importante región de paso de numerosos vasos y nervios. Está situada por dentro de la rama ascendente de la mandíbula, por detrás del maxilar, por fuera de la faringe y por debajo del músculo temporal en el espacio que se delimita entre el arco cigomático y el cráneo.

Las paredes que delimitan la región están formados por huesos y por partes blandas que contribuyen a configurarla.

La *pared lateral* es la rama ascendente de la mandíbula, donde se encuentran la escotadura mandibular que da acceso hacia el músculo masetero y la entrada al conducto mandibular.

La *pared anterior* está formada por la tuberosidad del maxilar, donde se encuentran los orificios de los conductos alveolares superiores posteriores. Lateralmente a la tuberosidad maxilar, la región comunica ampliamente con la mejilla, la cual está ocupada por el cuerpo adiposo. Por encima de la tuberosidad, la región comunica con la órbita por la fisura orbitaria inferior.

La *pared superior* es ósea en la parte medial y muscular en la lateral. La porción ósea está formada por la porción horizontal del ala mayor del esfenoides y un sector de la escama temporal anterior al tubérculo articular. A este nivel, los agujeros oval y espinoso comunican la región con la fosa craneal media. Entre la cresta esfenotemporal y el arco cigomático hay un amplio espacio ocupado por la parte baja del músculo temporal.

La *pared medial* está formada por la apófisis pterigoides por delante y la pared de la faringe (nasofaringe y orofaringe) por detrás. La parte baja de esta pared se corresponde con la amígdala palatina (*región paratonsilar* o *paraamigdalina*).

La *pared posterior* se cierra por la celda parotídea y la porción mas medial del diafragma estiloideo que desborda internamente la parótida. En la parte más alta se encuentra la articulación temporomandibular. Internamente al cuello del cóndilo de la mandíbula hay una estrecha comunicación con la región parotídea.

La región infratemporal carece de pared inferior, y se continúa sin límite preciso con la región del triángulo submandibular.

Fosa pterigopalatina

En el fondo de la región, y en el límite entre las paredes medial, anterior y superior, la región infratemporal presenta un pequeño «rincón óseo» , la fosa pterigopalatina, a la que se accede por la hendidura pterigomaxilar. Los límites de este espacio se han descrito con el cráneo (pág. 77). Recordemos aquí que esta fosa, dependencia de la región que nos ocupa, presenta las siguientes comunica-

ciones: en su pared medial, el agujero esfenopalatino, que comunica con las fosas nasales; en su pared superior, el agujero redondo, que comunica con la fosa craneal media, y más anteriormente, la fisura orbitaria inferior, que da acceso a la cavidad orbitaria; en su pared posterior, el conducto pterigoideo; y, por abajo, junto al vértice de la fosa, el conducto palatino mayor y los conductos palatinos menores, que dan acceso al paladar.

Contenido (Figs. 15-57; 15-58; 18-17)

En esta región encontramos los **músculos pterigoideos lateral** y **medial** y el **tendón de inserción del músculo temporal** en la apófisis coronoides. Los músculos pterigoideos se cruzan en aspa: el pterigoideo lateral es casi horizontal, mientras que el pterigoideo medial es oblicuo hacia abajo y hacia atrás, y, además, a medida que desciende se separa de la faringe por un espacio celuloso que se sitúa por fuera de la amígdala palatina. Entre los músculos pterigoideos hay abundante tejido conectivo por donde discurren vasos y nervios. La parte posterior de este tejido conectivo es más densa y forma el **ligamento esfenomandibular**.

La **arteria maxilar** proviene de la celda parotídea, penetra en la región infratemporal medialmente al cuello del cóndilo de la mandíbula, se relaciona con el músculo pterigoideo lateral pasando por fuera del mismo (variedad superficial) o por dentro (variedad profunda); en este último caso acaba haciéndose superficial y aparece entre los dos fascículos del músculo pterigoideo lateral. Penetra en la fosa pterigopalatina y da la **arteria esfenopalatina**, que pasa a las fosas nasales. Entre las numerosas ramas que emite en esta región, recordemos la **arteria meníngea media**, que penetra en el cráneo por el agujero espinoso, y las arterias para los dientes (**alveolar inferior** y **alveolares posteriores superiores**).

El **plexo venoso pterigoideo** es una compleja red vascular que rodea los músculos pterigoideos; confluye en la **vena maxilar**, que sale de la región medialmente al cuello de la mandíbula.

El **nervio mandibular** entra por el agujero oval y se sitúa entre el músculo pterigoideo lateral por fuera y la nasofaringe por dentro. El **ganglio ótico** está adherido al nervio, bajo el cráneo. El *tronco posterior del mandibular* da los nervios auriculotemporal, alveolar inferior y lingual. El **nervio auriculotemporal** va hacia atrás a buscar la parótida en compañía de la arteria y la vena maxilar; forma una lazada nerviosa para la arteria meníngea media. Los **nervios alveolar inferior** y **lingual** descienden entre los dos músculos pterigoideos, el primero por detrás del segundo. El alveolar inferior penetra en el conducto mandibular y el lingual sale hacia el suelo de la boca. El *tronco anterior* da ramas a los **músculos masticadores** y el **nervio bucal**, el cual se hace superficial entre los dos fascículos del músculo pterigoideo lateral para llegar a la mejilla entre la grasa del cuerpo adiposo de la boca. Nada más salir por el agujero oval, el nervio mandibular da los **nervios del pterigoideo medial, tensor del velo del paladar** y **tensor del tímpano**.

La **cuerda del tímpano**, rama del VII par, ocupa una posición muy profunda. Desciende oblicuamente para unirse al nervio lingual cruzando medialmente los nervios auriculotemporal y alveolar inferior y la arteria meníngea media.

El **nervio maxilar** ocupa una posición anterior y profunda en la región. Penetra por el agujero redondo y se sitúa en la fosa pterigopalatina, donde emite sus ramas: **nervio infraorbitario** y **nervio cigomático** (que pasan a la órbita por la hendidura orbitaria inferior), **nervios alveolares superiores** (para el maxilar) y el *grupo de los nervios nasales y palatinos*. El nervio maxilar se relaciona íntimamante con la terminación de la arteria maxilar y con el **ganglio pterigopalatino**.

Espacio retroestiloideo (Figs. 21-2 y 21-3)

Se denomina **espacio retroestiloideo** a la zona del espacio laterofaríngeo situada por detrás del diafragma estiloideo y que se continúa caudalmente con la región esternocleidomastoidea a nivel de un plano horizontal que pase por el borde inferior de la mandíbula. Muy estrecho en sentido anteroposterior, contiene el eje vascular formado por la arteria carótida interna y la vena yugular interna, así como la salida del cráneo de los nervios craneales IX, X, XI y XII y el ganglio cervical superior, estructuras, todas ellas, envueltas en tejido conectivo denso.

La *pared anterior* es el diafragma estiloideo. El vientre posterior del digástrico ocupa una posición muy externa, bajo el esternocleidomastoideo, y contribuye a formar, también, la pared lateral (véase más adelante).

Esta pared separa el contenido del espacio retroestoiloideo de la **parótida**.

La *pared posterior* está formada por los músculos prevertebrales tapizados por la hoja prevertebral. Los músculos cubren las apófisis transversas del atlas y del axis, por cuyos agujeros transversos discurre la arteria vertebral.

La *pared medial* corresponde a la parte alta de la nasofaringe y al espacio retrofaríngeo, del que está separado por una condensación de tejido conectivo que une la fascia bucofaríngea con la hoja prevertebral.

La *pared lateral* es la parte más alta del músculo esternocleidomastoideo. El vértice de la apófisis mastoides, donde se inserta el músculo, dificulta notablemente el acceso a esta región.

La *pared superior* o *techo* corresponde a la cara inferior de la porción petrosa del temporal y al agujero yugular.

Contenido

El *eje vascular* formado por la **arteria carótida interna** y la **vena yugular interna** tiene una dirección vertical. La

arteria es medial a la vena, excepto en la parte mas alta, donde ambos vasos divergen, situándose la vena yugular interna por detrás de la arteria. Es importante recordar que la carótida está en contacto con la pared faríngea.

Los *cuatro últimos nervios craneales* se relacionan íntimamente con el eje vascular. Los nervios glosofaríngeo, vago y accesorio entran en el espacio retroestiloideo por la porción nerviosa del agujero yugular; el nervio hipogloso lo hace en situación muy profunda, por el conducto del hipogloso. Inicialmente, todos se sitúan por detrás de la carótida interna. Luego, la posición que ocupan en relación al eje vascular es la siguiente: El **nervio vago** desciende por detrás, entre la carótida interna y la yugular interna y se engruesa formando el **ganglio plexiforme**. En el extremo superior del ganglio recibe el ramo interno del accesorio.

El **nervio accesorio** se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia fuera, por delante o por detrás de la vena yugular interna, y pasando por detrás del vientre posterior del digástrico alcanza el músculo esternocleidomastoideo.

Los nervios glosofaríngeo e hipogloso descienden oblicuamente hacia el diafragma estiloideo, el primero en una posición más alta que el segundo. El **nervio glosofaríngeo** se introduce entre la carótida interna y la yugular interna, dejando el vago por detrás, y sale de la región pasando por fuera del músculo estilofaríngeo y por dentro del músculo estilogloso. El **nervio hipogloso** cruza por detrás del vago y pasa, igualmente, entre la carótida interna y la yugular interna; sale de la región medialmente al vientre posterior del digástrico y penetra en el triángulo carotídeo por fuera de la carótida externa.

El **tronco cervical del simpático** con el **ganglio cervical superior** es el elemento más posterior de la región, situándose en el espesor de la hoja prevertebral de la fascia cervical.

Otras estructuras del espacio

La **arteria occipital** asciende por dentro del vientre posterior del digástrico y la **arteria faríngea ascendente** sube a los lados de la nasofaringe. El **nervio laríngeo superior**, rama del vago, desciende entre la faringe y la carótida interna. El **nervio carotídeo interno** se desprende del ganglio cervical superior y penetra en el cráneo con la carótida interna formando a su alrededor el plexo carotídeo interno. Algunos **ganglios linfáticos cervicales profundos** acompañan al eje vascular.

SUELO DE LA BOCA

El suelo de la boca, formado por los músculos milohioideo, suprahioideo y vientre anterior del digástrico, se ha descrito con la cavidad bucal. Este armazón muscular sirve de separación entre la boca y las regiones cervicales del triángulo submentoniano y del triángulo submandibular (*región suprahiodea*). Por encima del plano muscular, pero formando parte del suelo de la boca se encuentran, en el centro y haciendo relieve en la cavidad bucal, la **región lingual**, y a los lados de la misma, las **regiones sublinguales**. La región lingual está ocupada por la lengua y nada hay que añadir a lo ya descrito en otras partes de esta obra.

Región sublingual (Fig. 21-4)

Paredes

Medial: la raíz de la lengua con los músculos geniogloso, hiogloso y el músculo geniohioideo.

Lateral: la fosita sublingual del cuerpo de la mandíbula.

Superior: la mucosa del surco alveololingual extendida entre la lengua y el surco gingival. Está levantada por el pliegue sublingual (levantado por los conductos excretores de la glándula sublingual) y, más anteriormente, por la carúncula sublingual.

Inferior: músculo milohioideo y vientre anterior del digástrico.

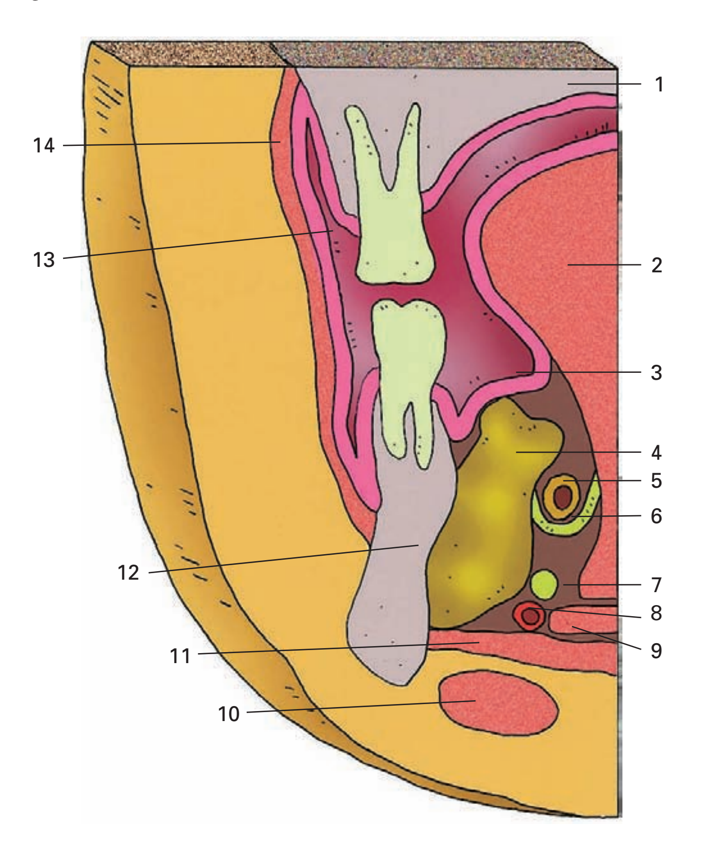


Figura 21-4. Corte frontal esquemático de la región sublingual. 1) Paladar; 2) lengua; 3) surco alveololingual; 4) glándula sublingual; 5) conducto submandibular; 6) nervio lingual; 7) nervio hipogloso; 8) arteria sublingual; 9) m. geniohioideo; 10) vientre anterior del digástrico; 11) m. milohioideo; 12) cuerpo de la mandíbula; 13) vestíbulo bucal; 14) m. buccinador.

Posteriormente, la región comunica con el triángulo submandibular.

Anteriormente, muy estrecha, se comunica con la región contralateral bajo el frenillo de la lengua.

Contenido

La **glándula sublingual** se acomoda a las paredes de la región; la **prolongación anterior de la glándula submandibular** invade la parte posterior del espacio.

Medialmente a la glándula, entre ésta y la musculatura lingual, discurren la mayor parte de los elementos de la región: el conducto submandibular, el nervio lingual, el nervio hipogloso, la vena lingual y la arteria sublingual.

El **conducto submandibular** se dirige hacia delante a buscar la carúncula sublingual; el **nervio lingual** abraza el conducto; el **nervio hipogloso** y la **vena sublingual** se disponen inferiormente al lingual y al conducto submandibular.

La **arteria lingual** es también, medial a la glándula, pero está separada de ésta por el músculo hiogloso. La **arteria sublingual** se coloca junto al músculo milohioideo.

CUELLO (Fig. 21-5)

El cuello une la cabeza al tórax. En la superficie sus límites son los siguientes: está separado de la cabeza por una línea que sigue el borde inferior de la mandíbula hasta el ángulo, luego, desde éste a la mastoides, para, finalmente, siguiendo la línea nucal superior alcanzar la protuberancia occipital externa; está separado del tórax por un marco bien definido anterolateralmente formado por el borde superior del manubrio esternal y la clavícula y, por detrás, por una línea que une la articulación acromioclavicular con la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical.

Comunica ampliamente con las regiones torácicas a través de la raíz del cuello (orificio superior del tórax) y con la raíz de la extremidad superior. Hacia arriba, las zonas de frontera con algunos espacios profundos de la cara, como el espacio laterofaríngeo y el parotídeo, o la faringe, son bastante arbitrarias.

La disposición topográfica de los elementos del cuello se aprecia bien en un corte transversal. En el centro del corte se dispone la **columna vertebral cervical**, que está recorrida por tres canales: el **conducto vertebral** con la médula espinal envuelta en la meninge y la emergencia de los nervios espinales cervicales, y, a los lados, los **conductos transversarios** (resultado de la superposición de los agujeros homónimos), por donde discurren la arteria vertebral, la vena vertebral y el nervio vertebral.

Alrededor de este eje se disponen dos grandes regiones: una por detrás, la **región cervical posterior** o nuca, y otra por delante, amplia y compleja, que comprende las vísceras y los vasos y nervios que recorren el cuello enmarcados en músculos y fascias.

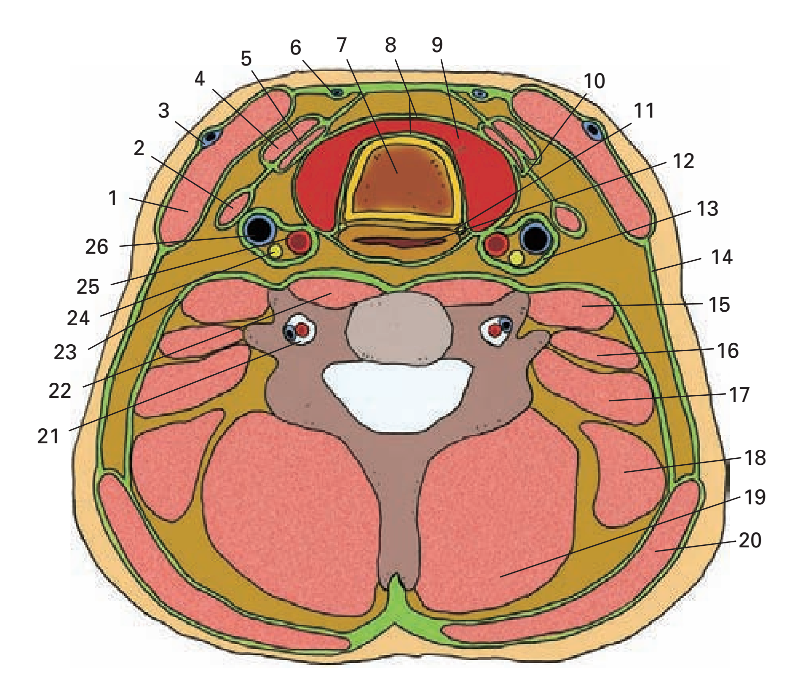


Figura 21-5. Corte transversal esquemático del cuello a nivel de C6, visión superior. 1) Músculo esternocleidomastoideo; 2) músculo omohioideo; 3) vena yugular externa; 4) músculo esternohioideo; 5) músculo esternotiroideo; 6) vena yugular anterior; 7) tráquea; 8) vaina visceral; 9) glándula tiroides; 10) hoja pretraqueal de la fascia cervical; 11) nervio laríngeo recurrente derecho; 12) esófago; 13) vaina carotídea; 14) hoja superficial de la fascia cervical; 15) músculo escaleno anterior; 16) músculo escaleno medio; 17) músculo escaleno posterior; 18) músculo elevador de la escápula; 19) musculatura nucal; 20) músculo trapecio; 21) vasos vertebrales; 22) musculatura prevertebral; 23) hoja profunda de la fascia cervical (aponeurosis cervical profunda); 24) nervio vago; 25) arteria carótida común; 26) vena yugular interna.

Esta parte anterior, denominada vulgarmente *garganta*, se organiza del siguiente modo: en el centro, **el espacio visceral del cuello** ocupado por la columna respiratoria (laringe y tráquea) por delante y la columna digestiva (faringe y esófago) por detrás, además de la glándula tiroides y las paratiroides. A cada lado del espacio visceral se encuentran dos espacios vasculonerviosos, uno inmediatamente adyacente, la región esternocleidomastoidea, y otro más externo, la región cervical lateral. La **región esternocleidomastoidea** permite el paso de vasos y nervios entre el mediastino y las regiones cefálicas. La **región cervical lateral** da acceso a la axila y a la raíz del cuello. Por delante del espacio visceral se dispone un marco musculoaponeurótico que forma el **triángulo anterior del cuello (región cervical anterior**), en el cual se encuentra el hueso hioides y los músculos suprahioideos e infrahioideos. Por detrás del espacio visceral, separando a éste de la columna cervical se encuentra el plano muscular de la **región prevertebral**.

Las **regiones cervical posterior** y **prevertebral** se han descrito suficientemente con los músculos de estas regiones.

ESPACIO VISCERAL DEL CUELLO (Fig. 21-5)

El **espacio visceral del cuello** está protegido entre dos planos musculares, uno posterior constituido por los músculos prevertebrales y otro anterior formado por los infrahioideos; las dos regiones esternocleidomastoideas se encuentran a cada lado.

Está ocupado por dos columnas viscerales: la *columna laringotraqueal* por delante y la *faringoesofágica* por detrás; en relación con ellas se encuentran la **glándula tiroides** y las **paratiroides**. La columna laringotraqueal comprende la **laringe** y **la porción cervical de la tráquea**. La columna faringoesofágica comprende el extremo inferior de la faringe (**laringofaringe**) y el **esófago cervical**. Estos órganos están envueltos por una **vaina visceral**, que es una condensación del tejido celular del cuello. La tráquea y el esófago están fuertemente unidos por un entramado conectivo con algunas fibras musculares lisas (*músculo traqueoesofágico*).

Analizaremos primero las relaciones de la glándula tiroides y luego las relaciones en conjunto de las dos columnas viscerales.

Relaciones de la glándula tiroides

La **glándula tiroides** está envuelta en una vaina visceral propia, la *vaina peritiroidea*, que es una dependencia de la vaina visceral, la cual, a nivel de la cara posterior de los lóbulos, se desdobla para rodear la glándula. Entre la vaina y la cápsula tiroidea hay un *espacio venoso*. La vaina está separada de la hoja pretraqueal por el *espacio previsceral*, pero a los lados se adhiere a ella. En profundidad, hay adherencias entre la vaina y el cricoides.

Relaciones profundas. El *istmo* se sitúa por delante de los **anillos traqueales 2.º** y **3.º**, a los que se adhiere por tejido conectivo fibroso.

Los *lóbulos*. La *cara visceral* se adapta a la superficie de las columnas viscerales. Corresponde a la cara lateral de la **tráquea** (hasta el 5.º anillo), de los cartílagos **cricoides y tiroides** , y el **músculo cricotiroideo**; más dorsalmente está próxima al **esófago** y la **faringe**. La *cara dorsal* está en íntima relación con el paquete vasculonervioso del cuello; la **carótida interna** marca una huella. Entre la cara visceral y la dorsal (*borde posterior*), el tiroides contrae importantes relaciones con el **nervio laríngeo recurrente**, la **arteria tiroidea inferior** y las **glándulas paratiroides**. El *polo superior* de los lóbulos está surcado por la **arteria tiroidea superior** y la **vena tiroidea**, y está próximo al **nervio laríngeo externo**.

Relaciones superficiales. La cara anteroexterna de la glándula se relaciona con el plano de los **músculos infrahiodeos** envueltos en la **hoja pretraqueal**. Un *espacio celular previsceral* se dispone entre la glándula y la fascia; este espacio es utilizado por el cirujano como plano de clivaje en las tiroidectomías.

Relaciones de las columnas viscerales

Por detrás: la **musculatura prevertebral** tapizada por la hoja prevertebral. Entre la fascia y las vísceras se forma el *espacio retrovisceral (retrofaríngeo* o *retroesofágico*), con tejido celular laxo que facilita el desplazamiento de los órganos cervicales. Por arriba se continúa con el espacio cefálico perifaríngeo y por abajo con el mediastino posterior. Dos tabiques parasagitales unen la vaina visceral a la hoja pretraqueal cerrando lateralmente este espacio.

A los lados: en el interior de la vaina visceral y siguiendo el ángulo traqueoesofágico discurren el **nervio laríngeo recurrente** y los **ganglios linfáticos paratraqueales superiores**. Por fuera de la vaina se encuentra el **paquete vasculonervioso del cuello** de la región carotídea. La **arteria tiroidea inferior** alcanza el polo inferior del tiroides en contacto con el nervio recurrente. En el lado izquierdo, el esófago cervical contacta con el **conducto torácico**.

Por delante: la columna respiratoria entra en relación con las estructuras de la **región infrahioidea** de la que está separada por el estrecho *espacio previsceral.* En éste se encuentran, por delante de la laringe, la **arteria laríngea superior** y el **nervio laríngeo superior** que atraviesan la membrana tirohioidea, y algún **ganglio linfático prelaríngeo**. Por delante de la tráquea: el **istmo del tiroides** y la *fascia tiropericárdica*, una lámina conectiva que se extiende desde la glándula tiroides al pericardio fibroso. En el espesor de la fascia tiropericárdica se encuentran las **venas tiroideas inferiores**, la vena braquiocefálica izquierda (esta última ya en el mediastino superior) y **ganglios lin-**



Figura 21-6. Triángulos del cuello. 1) Triángulo omotrapecial; 2) triángulo omoclavicular; 3) triángulo carotídeo; 4) triángulo muscular (omotraqueal); 5) triángulo submandibular; 6) triángulo submentoniano.

fáticos pretraqueales. En el niño, entre las fascias tiropericardica y pretraqueal se delimita la *celda tímica*, la cual, a nivel cervical, contiene la parte superior de los **lóbulos tímicos**. En el adulto puede haber restos de tejido tímico.

REGIÓN CERVICAL LATERAL
(Figs. 21-5 y 21-6)

La **región cervical lateral** dibuja en la superficie del cuello un triángulo —de ahí su nombre, también, de región del **triángulo cervical posterior** o **triángulo lateral del cuello**— comprendido entre el esternocleidomastoideo por delante, el trapecio por detrás y la clavícula por abajo.

Situada a los lados de la columna cervical, tiene la forma de una pirámide triangular muy alargada, de vértice superior, base inferior y tres paredes: lateral, posteromedial y anteromedial

El *vértice* es el punto de contacto de las masas musculares del trapecio, el esternocleidomastoideo y los músculos nucales.

La *base* es un espacio comprendido entre la clavícula, el borde superior de la escápula, e, internamente, una línea que va desde el esternocleidomastoideo a la apófisis transversa de la séptima vértebra cervical. La **primera costilla** divide la base en una parte interna de comunicación con el tórax (orificio superior del tórax o raíz del cuello) y otra externa que da acceso a la axila.

La *pared posteromedial* constituye el fondo de la región. Está formada de arriba abajo y de atrás a delante por los **músculos esplenio de la cabeza**, **elevador de la escápula** y los **escalenos posterior** y **medio**. La expansión lateral de la hoja prevertebral de la fascia cervical tapiza estos músculos.

La *pared anteromedial* es, en realidad, un espacio estrecho comprendido entre el esternocleidomastoideo y las apófisis transversas cervicales, el cual está subdividido, en su parte inferior, por el **músculo escaleno anterior**. Este músculo tabica incompletamente la pared, ya que por delante y por detrás del mismo se forman dos hiatos de comunicación. Entre el escaleno anterior y el medio se dibuja el *hiato interescalénico* que tiene como base la primera costilla dando acceso a los agujeros intervertebrales y a la raíz del cuello. Entre el escaleno anterior y el esternocleidomastoideo se forma el *hiato preescalénico*, en amplia comunicación con la región esternocleidomastoidea.

La *pared lateral* constituye el ***plano superficial de la región***.

Bajo una piel fina, la *fascia superficial* se desdobla para englobar como una telilla muy fina al **músculo cutáneo del cuello**. Por este plano discurren las **ramas supraacromiales** y **supraclaviculares** del plexo cervical. Bajo el cutáneo del cuello se encuentra la **vena yugular externa** antes de atravesar las fascias cervicales.

La **hoja superficial de la fascia cervical** tapiza toda el área del triángulo posterior del cuello, desdoblándose por delante para tapizar al esternocleidomastoideo y, por detrás, al trapecio.

Contenido de la región: planos profundos

La parte inferior de la región está atravesada oblicuamente por el **vientre posterior del músculo omohioideo**, el cual la divide en dos triángulos: uno superior, omotrapecial, y otro inferior, omoclavicular.

El *triángulo omotrapecial*, grande, está comprendido entre el omohioideo por abajo, el trapecio por detrás y el esternocleidomastoideo por delante. El **triángulo omoclavicular** se delimita entre el omohiodeo por arriba, la clavícula por abajo y el esternocleidomastoideo por delante. El triángulo omoclavicular está cubierto por la hoja pretraqueal, la cual, como sabemos, cuelga del músculo. Bajo esta lámina se encuentran los vasos subclavios, lo cual confiere una gran importancia quirúrgica a esa zona por ser una vía de acceso a los mismos.

Los dos triángulos están ocupados por abundante *tejido celuloadiposo* en el que se encuentran importantes elementos nerviosos, vasculares y ganglios linfáticos.

Nervios

El **plexo cervical**. Las ramas del plexo cervical se hacen evidentes hacia la parte media del borde posterior del

esternocleidomastoideo (punto nervioso). Algunas de sus ramas superficiales se observan en la región: el **nervio occipital menor** sube por detrás del esternocleidomastoideo y los **nervios supraclaviculares** y **supraacromiales** descienden para atravesar los planos superficiales.

El **plexo braquial** aparece por la hendidura de los escalenos formado por los nervios C5 a T1 fusionándose para constituir los tres troncos primarios, los cuales convergen hacia abajo y hacia fuera en la profundidad del triángulo omoclavicular. Las ramas supraclaviculares del plexo discurren por esta región: **nervio del subclavio**, **nervio dorsal de la escápula**, **nervio supraescapular** y **nervio torácico largo**.

El **nervio accesorio** desciende oblicuamente por la parte media de la región, en el triángulo omotrapecial, apoyado sobre los músculos de la pared posterointerna, y luego desaparece bajo el trapecio (Fig. 18-33).

Arterias

La **arteria subclavia** es un elemento fundamental de la región. La porción interescalénica pasa sobre la primera costilla por delante y por debajo del plexo braquial. La porción postescalénica ocupa el fondo del triángulo omoclavicular, delante del plexo. Cuatro de sus ramas discurren por este espacio. La **arteria cervical ascendente** sube junto al frénico en el hiato preescalénico. La **arteria transversa del cuello** cruza horizontalmente la región, en general, por encima del omohioideo. Las **arterias supraescapular** y **dorsal de la escápula** discurren hacia fuera por el triángulo omoclavicular, delante del plexo braquial.

La **arteria occipital** se observa en el vértice de la región antes de alcanzar el cuero cabelludo.

Venas

La **vena subclavia** es otro elemento fundamental. Discurre por el fondo del triángulo omoclavicular, delante y algo por debajo de la arteria; luego pasa sobre la primera costilla por el hiato preescalénico para unirse a la yugular interna.

La **vena yugular externa**, a nivel del triángulo omoclavicular, perfora las hojas superficial y pretraqueal de la fascia cervical para terminar en la vena subclavia.

Los **ganglios linfáticos cervicales profundos** están inmersos en el tejido celuloadiposo formando la *cadena del nervio accesorio* y los *ganglios supraclaviculares.*

REGIÓN ESTERNOCLEIDOMASTOIDEA (Figs. 21-5; 21-9)

La **región esternocleidomastoidea** corresponde al músculo esternocleidomastoideo, tiene, por tanto, la forma alargada y los límites de éste, excepto por arriba. Efectivamente, la región se continúa en sentido craneal con el espacio retroestiloideo; el límite entre ambos es una línea horizontal imaginaria que sigue el borde inferior de la mandíbula cortando el esternocleidomastoideo un poco por debajo de su inserción en el cráneo.

La región es un gran pasillo vertical de paso de los grandes vasos entre la cabeza y el tórax. Se dispone a los lados del espacio visceral del cuello, por delante de los músculos prevertebrales; por fuera y por detrás comunica con el triángulo lateral del cuello mediante el hiato preescalénico.

El músculo esternocleidomastoideo está envuelto por la hoja superficial de la fascia cervical. Con respecto a este músculo, se puede distinguir un plano superficial y uno profundo, muy importante, por donde discurre el paquete vasculonervioso del cuello.

Plano superficial

La *fascia superficial* que se desdobla para tapizar muy finamente al **músculo cutáneo del cuello**.

Por este plano discurren las ramas cutáneas del plexo cervical: **nervios occipital menor**, **auricular mayor** y **transverso del cuello**. Esta última cruza perpendicularmente la **vena yugular externa** que desciende hacia el hueco supraclavicular en compañía de algunos ganglios linfáticos cervicales superficiales. Todos estos elementos viajan primero en el espesor de la hoja superficial antes de hacerse subcutáneos.

Plano profundo (Fig. 15-52)

Este plano está constituido por el paquete vasculonervioso del cuello acompañado de los ganglios linfáticos cervicales profundos.

El paquete vasculonervioso está formado por la **arteria carótida común**, que se bifurca a nivel del triángulo carotídeo (véase más adelante), la **vena yugular interna** y el **nervio vago**. Todos estos elementos están envueltos en una vaina vascular común que les aísla de las formaciones vecinas (**vaina carotídea**). La vaina carotídea es una condensación de tejido conectivo unida laxamente a la fascia cervical. La carótida común se dispone por dentro, la yugular interna por fuera de la arteria, y el nervio vago en el ángulo diedro posterior que forman ambos vasos. Por delante de los vasos y en el espesor de la vaina carotídea desciende el **asa cervical** con sus dos raíces.

Relaciones del paquete vasculonervioso

Por detrás: los músculos prevertebrales y el escaleno anterior, tapizados por la hoja prevertebral. En un desdoblamiento de esta hoja fascial se encuentran los **nervios cervicales**, las **ramas profundas del plexo cervical** y la **cadena simpática cervical** con el ganglio cervical medio a la altura de C6 y el **nervio cardiaco cervical superior** del simpático.

Por dentro: las vísceras del cuello. Recordemos la íntima relación de la carótida común con la cara posterior del **lóbulo tiroideo**.

Por fuera: el **músculo omohioideo**, envuelto en la hoja pretraqueal, cruza oblicuamente el paquete para dirigirse a la región cervical anterior. Junto a la vena yugular interna, e impregnados en una lámina conectiva y grasa, se disponen los **ganglios cervicales profundos**.

REGIÓN CERVICAL ANTERIOR

(Triángulo anterior del cuello) (Fig. 21-6)

La **región cervical anterior** dibuja en la superficie un espacio triangular delimitado de la siguiente forma: por detrás, los bordes anteriores de los esternocleidomastoideos, por arriba, el borde inferior de la mandíbula prolongado por una línea hasta la mastoides; el vértice corresponde al borde superior del manubrio esternal. Una serie de referencias tales como el hioides y los músculos digástrico y omohioideo dividen este **espacio (triángulo anterior del cuello**) en cuatro triángulos: **triángulo submandibular**, **triángulo submentoniano**, **triángulo carotídeo** y **triángulo muscular u omotraqueal**, que constituyen subdivisiones de la región. Hay dos triángulos a cada lado de la línea media, excepto el submentoniano, que es impar. Los triángulos submandibular y submentoniano se encuentran por encima del hioides y corresponden en profundidad al suelo de la boca. Los triángulos carotídeo y muscular corresponden en profundidad al espacio visceral del cuello.

Triángulo submentoniano

El **triángulo submentoniano** está comprendido entre los dos triángulos submandibulares. Se delimita entre el **mentón** por arriba, el **cuerpo del hioides** por abajo y los **vientres anteriores del digástrico** a los lados. El fondo del triángulo es el **músculo milohioideo**, bajo el que se encuentran los pequeños ganglios linfáticos submentonianos.

Triángulo submandibular

(Figs. 21-6; 21-7; 21-8 y 21-9)

El **triángulo submandibular** es el espacio que contiene la glándula submandibular. Superficialmente se delimita entre el **borde inferior de la mandíbula** y los **dos vientres del músculo digástrico**, pero se prolonga hacia arriba en el hueco formado entre la mandíbula y el músculo milohioideo. El fondo del espacio está constituido por los **músculos milohioideo**, **hiogloso** y **constrictor medio de la faringe**. El vientre posterior del digástrico está acompañado del **músculo estilohioideo**.

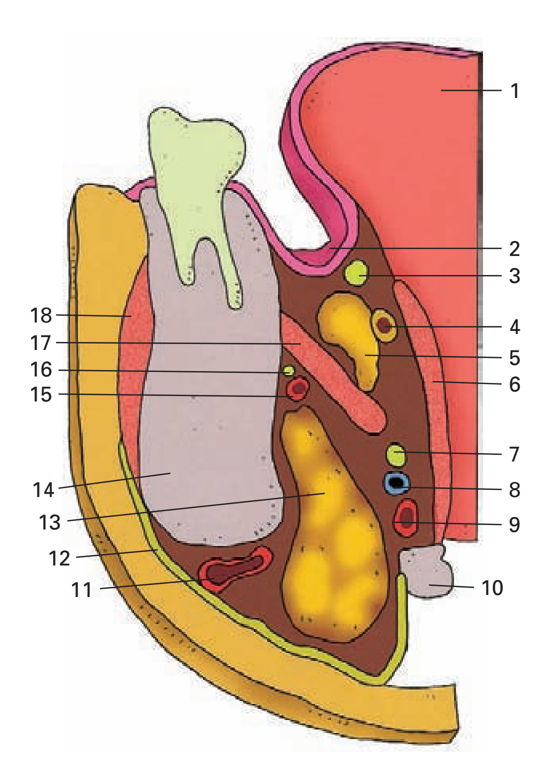


Figura 21-7. Corte frontal esquemático de las regiones del triángulo submandibular y del suelo de la boca. 1) Lengua; 2) surco alveololingual; 3) nervio lingual; 4) conducto submandibular; 5) prolongación anterior de la glándula submandibular; 6) m. hiogloso; 7) nervio hipogloso; 8) vena lingual; 9) arteria suprahioidea; 10) hioides; 11) arteria facial; 12) hoja superficial de la fascia cervical; 13) glándula submandibular; 14) mandíbula; 15) arteria milohioidea; 16) nervio milohioideo; 17) m. milohioideo; 18) m. masetero.

Contenido

La glándula submandibular es la estructura central de la región y se encuentra acompañada por importantes nervios, vasos y ganglios linfáticos.

La **glándula submandibular** tiene una *cara interna* o *profunda* que se relaciona con los músculos milohiodeo, hiogloso y constrictor medio de la faringe; generalmente, desborda hacia abajo el hueso hioides cubriendo también al tendón intermedio del digástrico. La *cara superoexterna* está oculta por la mandíbula en relación con la fosa submandibular de ésta y la inserción del músculo pterigoideo medial. La *cara inferoexterna* está tapizada por la hoja superficial de la fascia cervical, la cual emite bajo la glándula una expansión fibrosa que se adhiere al hioides y a la hoja pretraqueal. El *borde superior* de la glándula corresponde a la inserción del milohioideo y a la mucosa del suelo de la boca.

Entre la mandíbula, la hoja superficial de la fascia cervical y el tejido conectivo que recubre los músculos profundos se delimita un estuche o *celda submandibular* donde está contenida la glándula. Un tabique conectivo cierra por detrás el compartimento y lo aísla de la parótida.

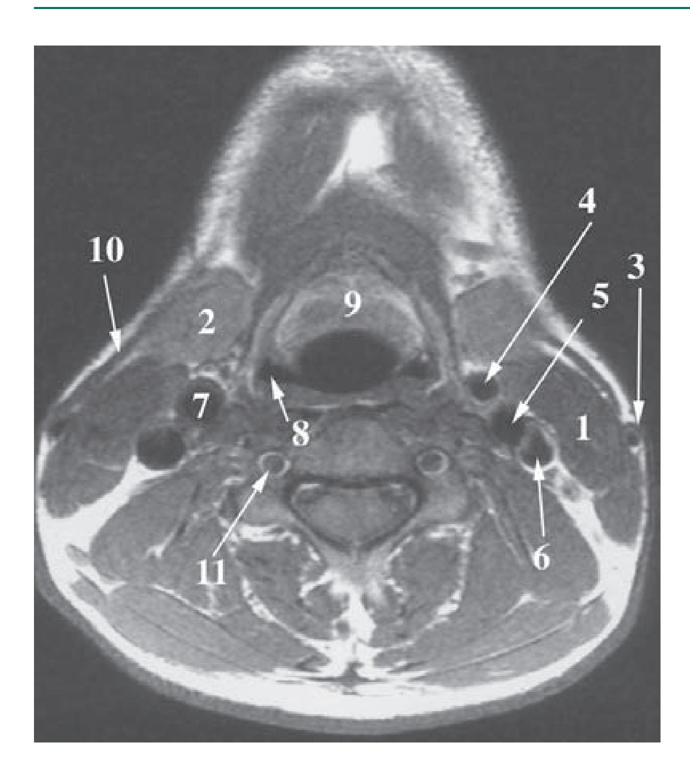


Figura 21-8. RM axial del cuello a nivel de C3. 1) M. esternocleidomastoideo; 2) glándula submandibular; 3) vena yugular externa; 4) arteria carótida externa; 5) arteria carótida interna; 6) vena yugular interna; 7) arteria carótida común; 8) seno piriforme; 9) epiglotis; 10) m. cutáneo del cuello; 11) vasos vertebrales.

El **conducto submandibular**, originado en la cara interna de la glándula, abandona inmediatamente la región en compañía de la prolongación profunda para entrar en la región sublingual.

El **nervio hipogloso** pasa entre la cara medial de la glándula y el músculo hiogloso. Está acompañado por la **vena lingual**.

El **nervio lingual** discurre por encima de la glándula, bajo la mucosa del suelo de la boca. En su proximidad se sitúa el **ganglio submandibular**.

El **nervio del milohiodeo** se encuentra entre el borde superior de la glándula y la inserción del músculo.

La **arteria facial** marca una huella en la cara interna y en el borde superior de la glándula antes de cruzar el borde inferior de la mandíbula, donde da la arteria submentoniana.

La **vena facial** cruza oblicuamente la cara inferoexterna de la glándula.

La **arteria lingual** no atraviesa la región, pues pasa medialmente al músculo hiogloso (que la separa de la glándula) para penetrar en el suelo de la boca.

Los **ganglios linfáticos submandibulares** están íntimamente asociados a la glándula. La mayoría se disponen por fuera de la glándula bajo el borde inferior de la mandíbula.

Los triángulos submandibular y submentoniano están recubiertos por la hoja superficial de la fascia cervical que los separa del ***plano superficial***. En este plano se encuentra un panículo adiposo muy variable que suele aumentar con la edad.

La *fascia superficial* se desdobla para envolver el **músculo cutáneo del cuello**, el cual recibe en esta región el **ramo cervical del facial**. El **ramo marginal del facial** sigue junto al borde de la mandíbula.

Triángulo muscular (Fig. 21-5)

El **triángulo muscular** u **omotraqueal** se sitúa por debajo del hioides comprendido entre el **borde anterior del esternocleidomastoideo** por fuera y por debajo, el **músculo omohioideo** por fuera y por arriba, y la **línea media del cuello**, donde se une al triángulo del otro lado. Es una zona musculofascial que se sitúa por delante del espacio visceral del cuello. Tiene gran importancia quirúrgica por ser la vía de acceso natural a la laringe, la tráquea y la glándula tiroides.

La **hoja superficial de la fascia cervical** la divide en un plano superficial y otro profundo.

Plano superficial

La *fascia superficial* está desdoblada para englobar de forma muy tenue al **músculo cutáneo del cuello**, el cual invade la región en una extensión variable.

En éste descienden las **venas yugulares anteriores** a cada lado de la línea media, en compañía de pequeños **ganglios cervicales anteriores**. Las venas yugulares anteriores , a medida que descienden, penetran en la hoja superficial para finalmente atravesarla y hacerse profundas cerca del manubrio esternal.

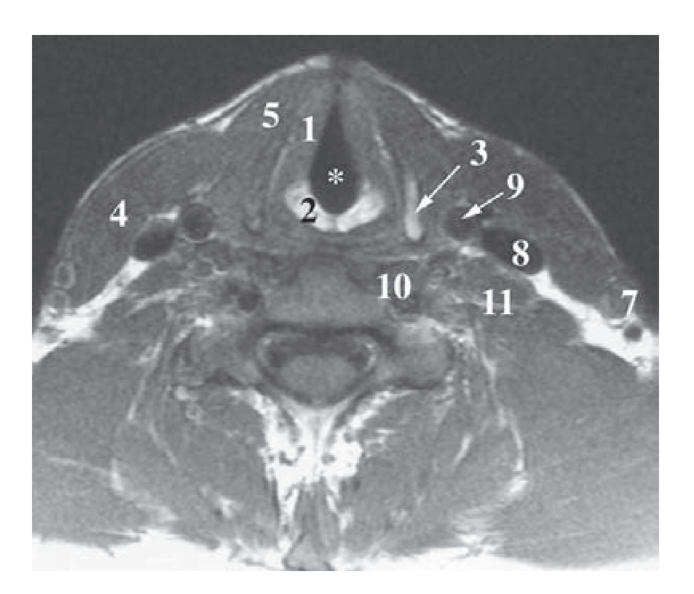


Figura 21-9. RM axial del cuello a nivel de la glotis. 1) Cuerda vocal; 2) aritenoides; 3) lámina tiroidea; 4) m. esternocleidomastoideo; 5) m. esternohioideo; 6) m. omohioideo; 7) vena yugular externa; 8) vena yugular interna; 9) arteria carótida común; 10) musculaura prevertebral; 11) músculos escalenos anterior y medio. Glotis (asterisco).

Plano profundo

Está formado por los **músculos infrahioideos** envueltos en la **hoja pretraqueal**.

Los infrahioideos se disponen en dos estratos: uno superficial, formado por el vientre anterior del omohioideo y el esternotiroideo, y otro profundo, constituido por el esternotiroideo y el tirohiodeo.

La hoja pretraqueal se divide en una hoja anterior que envuelve los músculos del estrato superficial y una posterior que rodea los músculos del estrato profundo.

Si se juntan en la línea media los dos triángulos musculares se puede dibujar el denominado rombo de la traqueotomía.

Rombo de la traqueotomía. Entre los músculos esternotiroideo y esternohiodeo de un lado y los del otro se forma un espacio alargado de forma romboidal, cerrado únicamente por la hoja pretaqueal. Es el denominado rombo de la traqueotomía, por ser la zona de acceso natural para incidir la tráquea. En el fondo del rombo se encuentra también el istmo del tiroides.

Entre la hoja pretraqueal y el espacio visceral del cuello queda el *espacio previsceral*, prácticamente virtual a nivel de la laringe.

Las hojas pretraqueal y superficial de la fascia cervical están fusionadas por encima del istmo del tiroides, pero por debajo de éste se separan progresivamente para formar el **espacio celuloso supraesternal**, cerrado caudalmente por la escotadura yugular del manubrio del esternón.

Triángulo carotídeo (Figs. 15-52; 21-6)

El **triángulo carotídeo** es la región de bifurcación de la carótida. Sólo puede observarse bien con el cuello en hiperextensión, pues el borde anterior del esternocleidomastoideo lo cubre en parte. El triángulo está en clara continuidad con la región esternocleidomastoidea. Se delimita entre el **vientre posterior del digástrico**, por arriba; el **omohioideo**, por abajo; y el **borde anterior del esternocleidomastoideo**, por detrás.

La región está cubierta por la hoja superficial de la fascia cervical y el borde del músculo esternocleidomastoideo. El fondo está formado por la **faringe**, y, hacia atrás, por la musculatura prevertebral y las apófisis transversas cervicales.

En este triángulo **se divide la carótida común en carótida interna** y **carótida externa**, lo que suele suceder por debajo del asta mayor del hioides. La carótida externa se dispone por delante de la interna y asciende hasta la región parotídea. La carótida interna, muy profunda, sube envuelta en la vaina carotídea en compañía de la vena yugular interna y el nervio vago hacia el espacio retroestiloideo. La relación de la vena y el nervio con la arteria es la misma que la señalada para la carótida común en la región esternocleidomastoidea. En esta bifurcación se encuentran el **seno carótideo**, y **el cuerpo carotídeo** que reciben el nervio del seno carotídeo del IX par y los ramos del cuerpo carotídeo del X par.

La carótida externa emite, a este nivel, las **arterias tiroidea superior, lingual, facial, faríngea ascendente** y **occipital**.

La bifurcación está cubierta externamente por la **vena yugular interna** y sus ramas, las **venas lingual, facial** y **tiroidea superior** (a veces fusionadas en un tronco venoso). Los **ganglios linfáticos cervicales profundos**, especialmente el ganglio yugulodigástrico, se disponen por fuera y por delante de la vena yugular.

El **nervio hipogloso** cruza por fuera la carótida externa inmediatamente por debajo del músculo digástrico.

El **nervio laríngeo superior** desciende por dentro de las carótidas, adosado a la faringe.

CAPÍTULO 22

Topografía del tronco

TÓRAX

El **tórax** consta de unas **paredes** que delimitan una amplia cavidad (**cavidad torácica**) en la que, fundamentalmente, se encuentran el corazón y los pulmones. Las paredes conforman la caja torácica y se han descrito en detalle en el apartado correspondiente del aparato locomotor.

Haremos aquí una breve ordenación de las estructuras que conforman la pared del tórax y estudiaremos los espacios de la cavidad torácica.

PARED DEL TÓRAX

La pared torácica tiene una amplia porción anterolateral, la porción esternocostal, y una porción posterior o vertebral que forma parte del dorso y que se ha descrito con la columna vertebral y la musculatura del dorso.

Pared esternocostal

Esta pared se organiza en relación con los arcos costales y el esternón. Se pueden distinguir tres planos: superficial, esquelético y profundo.

Plano superficial

Por la fascia superficial discurren finos vasos y nervios cutáneos. En la mujer tienen interés las ramificaciones de los vasos mamarios.

La *fascia profunda* recubre los músculos externos de la caja torácica. Por arriba se fija en la clavícula y medialmente en el esternón.

Músculos externos: en la parte anterior del tórax, el **músculo pectoral mayor** y, detrás de éste, el **pectoral menor**; en la parte anteroinferior, el origen del **recto del abdomen** y del **oblicuo externo del abdomen**; y en la parte lateral, el **serrato anterior** y el **dorsal ancho.**

Se denomina **región preesternal** a la que se sitúa por delante del esternón y **región pectoral**, a la que queda a los lados. La presencia de la mama determina que la región pectoral se subdivida en **regiones mamaria**, **inframamaria** y **pectoral lateral**.

Plano esquelético

Entre los arcos costales y el esternón por delante y la columna vertebral por detrás se delimitan los espacios intercostales.

En un **espacio intercostal** hay, de la superficie a la profundidad, tres capas fibromusculares de disposición irregular: la capa del **músculo** y la **membrana intercostal externa**, la capa del **músculo** y la **membrana intercostal interna** y la capa del **músculo intercostal íntimo**. Esta última sólo existe en la parte más lateral del espacio. Por la parte superior del espacio y entre los músculos y las membranas discurre el *paquete vasculonervioso*, formado, de craneal a caudal, por la **vena**, la **arteria** y el **nervio intercostal**.

Plano profundo

Subyacente a los espacios intercostales y a las costillas se encuentra la **fascia endotorácica**. Ésta consiste en una condensación del tejido conectivo extrapleural que tapiza la cara profunda del tórax. Detrás del esternón y de los cartílagos costales se extiende el **músculo transverso del tórax** y, en relación con él, desciende la **arteria torácica interna** con sus venas.

CAVIDAD TORÁCICA

La cavidad torácica se divide en tres grandes espacios; dos espacios laterales ocupados por los pulmones (**espacios pleuropulmonares**) y un espacio central comprendido entre éstos, el **mediastino**. La unión entre el mediastino y los espacios pleuropulmonares se realiza por los **pedículos pulmonares** (Fig. 22-1).

Espacios pleuropulmonares

A los lados del mediastino se encuentran los **pulmones** envueltos en las **pleuras**. Estos espacios son muy dinámicos en razón de los movimientos de inspiración y de espiración. La disposición de la cavidad pleural, y de los senos pleurales, así como su proyección sobre la pared torácica, se ha analizado con el aparato respiratorio.

La correcta comprensión de las relaciones de los pulmones requiere el conocimiento de los órganos del mediastino, apartado al que remitimos al lector. No obstante, y para facilitar su estudio, diremos lo siguiente.

Como sabemos (véase Aparato respiratorio), los pulmones tienen una base, un vértice, una cara costal y una cara medial.

La *base* del pulmón derecho está formada por el lóbulo inferior y el medio, y la del pulmón izquierdo, por el lóbulo inferior y la língula. Se apoya sobre el diafragma que la separa del espacio supramesocólico de la cavidad peritoneal. La base derecha se relaciona con la cara diafragmática del hígado y la base izquierda, con la cara diafragmática del lóbulo izquierdo del hígado, el fondo del estómago y el bazo. Todas estas relaciones se establecen a través del espacio subfrénico de la cavidad peritoneal.

El *vértice*, rodeado de la cúpula pleural, sobrepasa la primera costilla y penetra en la base del cuello.

La *cara costal* se relaciona mediante la fascia endotorácica con los arcos costales y los espacios intercostales.

La *cara medial* es compleja (Figs. 9-34 a 9-37). La parte más posterior es la *porción vertebral*, la cual flanquea los lados de los cuerpos de las vértebras torácicas, introduciéndose en los ángulos costovertebrales. El resto de la cara medial es la *porción mediastínica*, en íntima relación con los órganos de este espacio. En el centro, penetra el pedículo pulmonar por el hilio, el cual se prolonga caudalmente mediante el ligamento pulmonar. Alrededor del hilio pulmonar, la cara medial se puede dividir en tres sectores: uno anterior que se corresponde con los órganos de los mediastinos medio y anterior; otro superior que se corresponde con los órganos del mediastino superior; y otro posterior, en relación con los órganos del mediastino posterior.

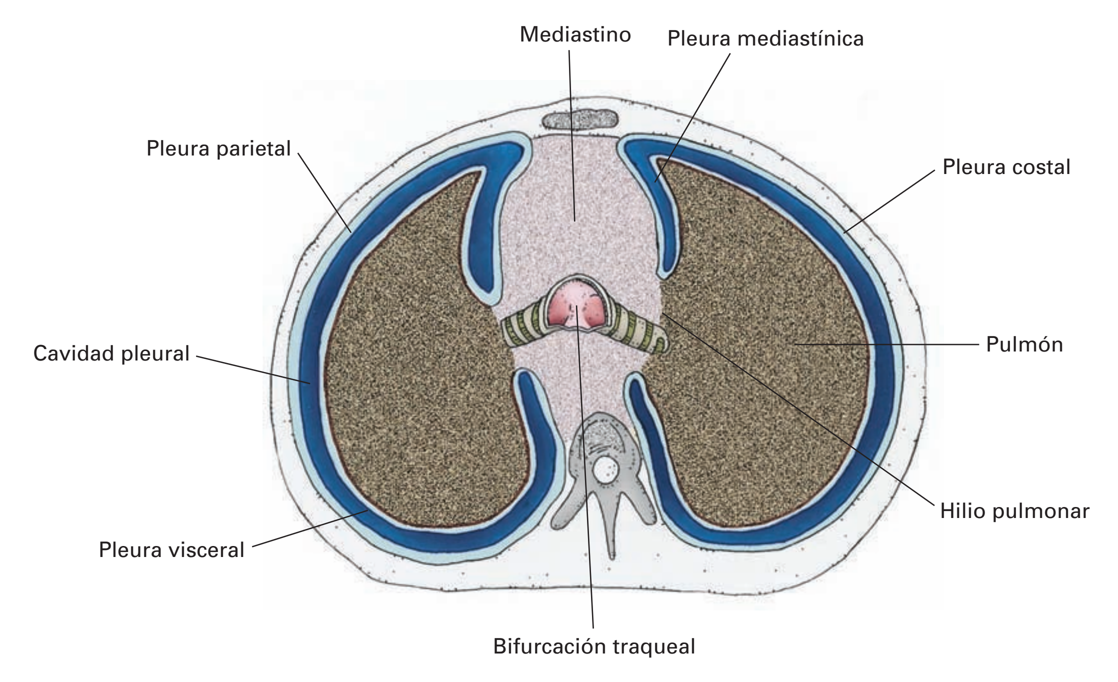


Figura 22-1. Corte transversal esquemático de la cavidad torácica a nivel de la bifurción traqueal. Los espacios pleuropulmonares derecho e izquierdo están separados por el mediastino.

MEDIASTINO (Figs. 9-36; 9-37)

Límites: por delante, el esternón y los cartílagos costales; por detrás, la columna vertebral torácica; por arriba, el orificio superior del tórax; por abajo, el diafragma, que lo separa del abdomen. El orificio superior del tórax pone en amplia comunicación el mediastino con el cuello y la raíz de la extremidad superior.

Divisiones

Por razones de organización topográfica, pero también por motivos relacionados con las técnicas de abordaje quirúrgico a los órganos que se encuentran en el mediastino, éste se divide en cuatro partes.

En primer lugar, un plano horizontal que pasa por el disco entre las vértebras T4 y T5 (*plano T4-T5*) y por el ángulo esternal divide el mediastino en superior y inferior.

El **mediastino superior** queda comprendido entre el plano T4-T5 y el orificio superior del tórax. El *mediastino inferior* se delimita entre este plano y el diafragma.

A su vez, el mediastino inferior se organiza en tres espacios por la presencia del corazón envuelto en el saco pericárdico. El espacio que ocupa el pericardio es el **mediastino medio**, el que queda por delante de éste, el **mediastino anterior**, y el que se dispone por detrás, el **mediastino posterior**.

Los órganos que ocupan el mediastino están inmersos en un magma de tejido en continuidad con los espacios del cuello y la cavidad axilar. Este tejido es rico en fibras elásticas, lo cual contribuye a la mecánica respiratoria.

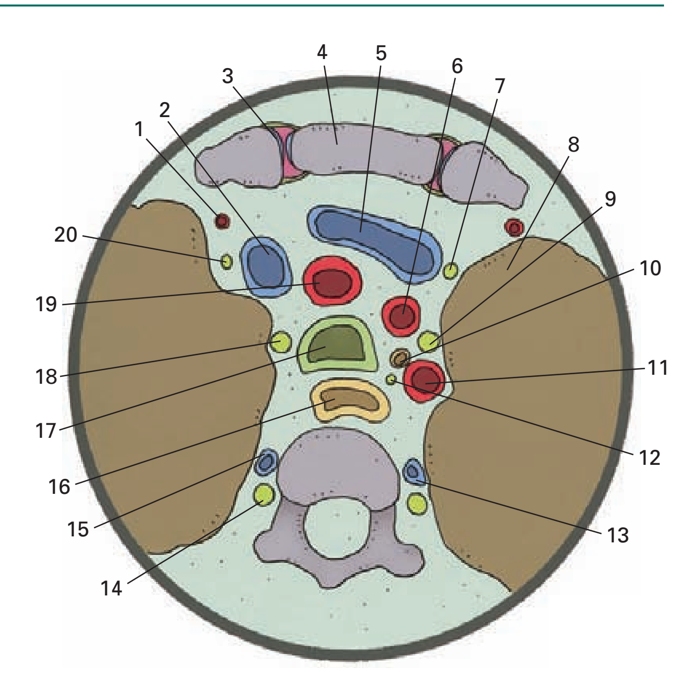


Figura 22-2. Corte transversal esquemático del mediastino superior a nivel de T2, visión inferior. 1) Arteria torácica interna; 2) tronco venoso braquiocefálico derecho; 3) articulación esternoclavicular; 4) manubrio esternal; 5) tronco venoso braquiocefálico izquierdo; 6) arteria carótida común izquierda; 7) nervio frénico izquierdo; 8) pulmón izquierdo; 9) nervio vago izquierdo; 10) conducto torácico; 11) arteria subclavia izquierda; 12) nervio laríngeo recurrente izquierdo; 13) vena hemiácigos accesoria; 14) cadena simpática torácica; 15) vena intercostal superior-derecha; 16) esófago; 17) tráquea; 18) nervio vago derecho; 19) tronco arterial braquicefálico; 20) nervio frénico derecho.

Mediastino superior (Figs. 22-2; 22-3; 22-4 y 22-5)

Es un espacio comprendido entre las cuatro primeras vértebras torácicas por detrás, el manubrio esternal por delante y las pleuras mediastínicas a los lados. A través de la pleura, la cara medial del pulmón se adosa a todas las estructuras contenidas en el espacio.

Contenido

Una sección transversal del tórax a este nivel permite apreciar su organización. Se pueden distinguir, de atrás adelante, tres zonas: posterior o visceral, media o vascular y anterior o tímica.

La *zona posterior* contiene el esófago y la tráquea hasta su bifurcación. La *zona media* está formada por los grandes vasos que entran o salen del corazón, por encima del pericardio. La *zona anterior* contiene el timo o sus restos. Además, en el mediastino superior se encuentran los nervios vago, frénico, laríngeo recurrente izquierdo y cardíacos, numerosos ganglios linfáticos y el conducto torácico.

El **esófago** y la **tráquea** forman el *eje visceral* del espacio. El esófago es posterior a la tráquea y se apoya, por detrás, sobre la musculatura prevertebral. La tráquea, a medida que desciende se desvía ligeramente hacia la derecha por la presión del arco aórtico, razón por la cual el esófago se va descubriendo. El eje visceral está en relación por delante y a los lados con los grandes vasos, pudiéndose analizar conjuntamente estas relaciones vasculares.

En la parte inferior de este espacio, saltando por encima de los pedículos pulmonares, se disponen el **arco de la aorta** y el **cayado de la vena ácigos**. El arco de la aorta cruza de delante atrás el lado izquierdo del eje visceral traqueoesofágico; el cayado de la ácigos cruza de atrás a delante el lado derecho del eje visceral para terminar en la vena cava superior.

Entre estos arcos vasculares y el orificio superior del tórax, el esófago y la tráquea entran en relación inmediata con dos planos vasculares, uno arterial y otro venoso.

El *plano arterial* lo forman los vasos que nacen en el arco aórtico. El **tronco braquiocefálico** asciende oblicuamente hacia la derecha por delante de la tráquea; la **carótida común izquierda** sube por delante y a la izquierda de la tráquea; la **arteria subclavia izquierda**, posterior a la carótida, sube a la izquierda de la tráquea y el esófago.

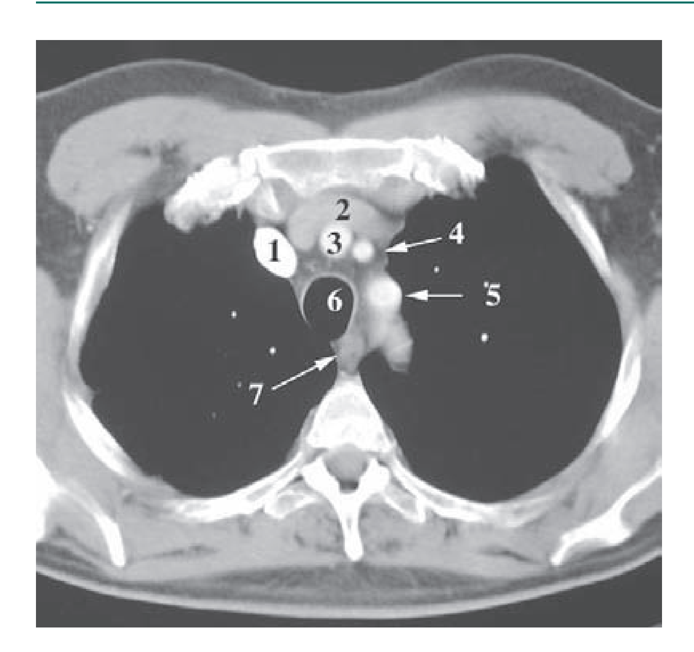


Figura 22-3. TC de la cavidad torácica a nivel de T2. 1) Tronco venoso braquiocefálico derecho; 2) tronco venoso braquiocefálico izquierdo; 3) tronco arterial braquiocefálico; 4) arteria carótida común izquierda; 5) arteria subclavia izquierda; 6) tráquea; 7) esófago.

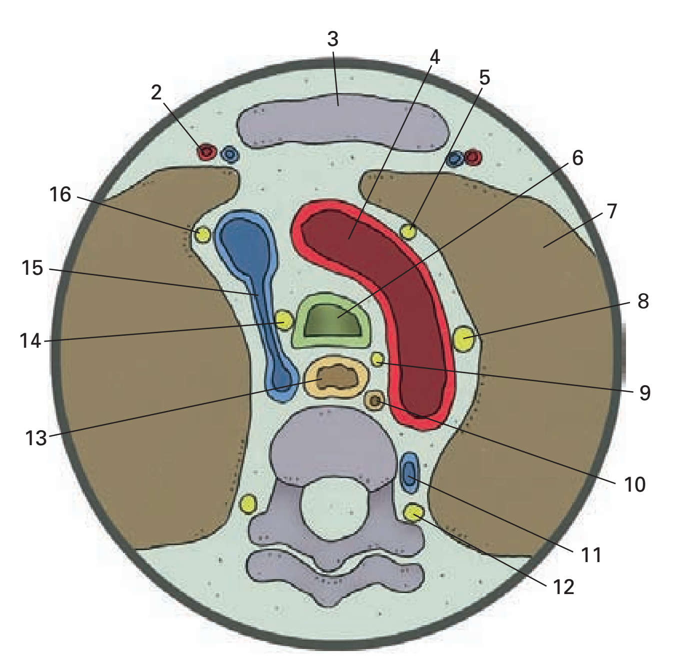


Figura 22-4. Corte transversal esquemático del mediastino superior a nivel de T4, visión inferior. 1) Vena cava superior; 2) vasos torácicos internos; 3) manubrio esternal; 4) cayado de la aorta; 5) nervio frénico izquierdo; 6) tráquea; 7) pulmón izquierdo; 8) nervio vago izquierdo; 9) nervio laríngeo recurrente izquierdo; 10) conducto torácico; 11) vena hemiácigos accesoria; 12) cadena simpática torácica; 13) esófago; 14) nervio vago derecho; 15) cayado de la vena ácigos; 16) nervio frénico derecho.

El *plano venoso*, anterior al plano arterial, está formado por los troncos venosos braquiocefalicos que confluyen en la vena cava superior. El **tronco venoso braquiocefálico derecho**, vertical, desciende a la derecha del tronco arterial. El **tronco venoso braquiocefálico izquierdo**, casi horizontal, cruza por delante de la carótida común izquierda, la tráquea y el tronco arterial braquiocefálico. La **vena cava superior** desciende a la derecha de la aorta ascendente hasta entrar en el pericardio. **La vena tiroidea inferior** se dispone delante de la tráquea hasta su terminación en el tronco venoso braquiocefálico izquierdo. Las **venas intercostales superiores** descienden a los lados del eje visceral, la derecha a terminar en la vena ácigos, y la izquierda en el tronco venoso braquiocefálico izquierdo.

En la zona anterior, por delante de los grandes vasos, se sitúa el **timo**. Recordemos que el timo está bien desarrollado hasta la pubertad y que luego experimenta un intenso proceso de involución. Por ello, en el joven y en el adulto, esta zona se va transformando en un espacio celular y graso progresivamente más estrecho, determinando que el plano vascular venoso se ponga en contacto más inmediato con el manubrio esternal.

El timo se relaciona, por delante, con el manubrio esternal y los fondos de saco pleurales costomediastínicos anteriores. La zona de relación directa con el esternón forma el área de proyección tímica en la superficie anterior del tórax (véase Corazón). La **arteria** y **la vena torácicas internas** se disponen delante de los senos pleurales. A los lados, el timo se relaciona con la cara mediastínica del pulmón. Por detrás, se relaciona, con el plano venoso de los troncos braquiocefálicos, a los que se adhiere mediante tejido conectivo, y más caudalmente con el pericardio. En el niño puede prolongarse en el cuello, entrando en relación con la tráquea.

El **nervio frénico derecho** desciende entre la pleura, por fuera, y el tronco venoso braquiocefálico derecho, por dentro.

El **nervio frénico izquierdo** sigue junto a la carótida común izquierda para pasar luego, entre la pleura y la porción anterior del arco aórtico, detrás del timo.

El **nervio vago derecho** se encuentra a la derecha de la tráquea, por detrás del tronco venoso braquiocefálico derecho y la vena cava superior.

El **nervio vago izquierdo** desciende, primero, a la izquierda del eje visceral traqueoesofágico, por detrás de la carótida común izquierda; luego, pasa a la izquierda del arco aórtico, entre éste y la pleura. Bajo el arco, emite el **nervio laríngeo recurrente izquierdo** que sube por la cara medial del arco aórtico para buscar el surco que se forma entre la tráquea y el esófago.

Los **nervios cardíacos** del vago y del simpático descienden al **plexo cardíaco** del arco aórtico en la proximidad de la arterias carótidas y del tronco braquiocefálico.

El **conducto torácico**, desde una posición posterior al esófago, se va colocando a su izquierda, para subir a la base del cuello por dentro y por detrás del arco de la aorta y de la arteria subclavia izquierda.



Figura 22-5. TC de la cavidad torácica a nivel de T4. 1) Arco aórtico; 2) vena cava superior; 3) tráquea. La flecha señala el esófago.

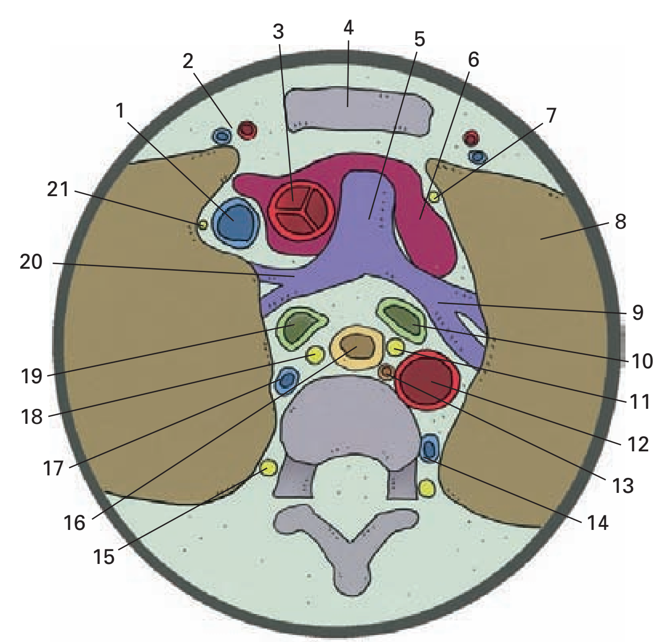


Figura 22-6. Corte transversal esquemático del mediastino a nivel de T5, visión inferior. 1) Vena cava superior; 2) vasos torácicos internos; 3) aorta ascendente; 4) esternón; 5) tronco de la arteria pulmonar; 6) aurícula izquierda; 7) nervio frénico izquierdo; 8) pulmón izquierdo; 9) arteria pulmonar izquierda; 10) bronquio principal izquierdo; 11) nervio vago izquierdo; 12) aorta descendente; 13) conducto torácico; 14) vena hemiácigos; 15) cadena simpática torácica; 16) esófago; 17) vena ácigos; 18) nervio vago derecho; 19) bronquio principal derecho; 20) arteria pulmonar derecha; 21) nervio frénico derecho.

Los ganglios linfáticos del mediastino superior son muy numerosos: los **ganglios linfáticos mediastínicos anteriores**, por delante del plano venoso y del arco aórtico. **ganglios linfáticos paratraqueales** y **traqueobronquiales superiores**, a los lados de la tráquea y, **ganglios linfáticos traqueobronquiales inferiores** a nivel de la bifurcación traqueal.

Mediastino anterior

Es un espacio muy aplanado en sentido anteroposterior comprendido entre el pericardio, por detrás, y el plastrón esternocostal, recubierto por el músculo transverso del tórax, por delante. Es muy estrecho hacia los lados debido a la proximidad de las pleuras. Hacia arriba se continúa con el mediastino superior y hacia abajo se cierra por el diafragma. Los hiatos costoxifoideos delimitados entre las inserciones costales y esternales del diafragma permiten el paso de la arteria epigástrica superior, rama de la torácica interna.

Contenido

El espacio está ocupado por tejido conectivo reforzado en algunos puntos por haces más densos que forman los **ligamentos esternopericárdicos**. A los lados del esternón está el paquete vascular formado por los **vasos torácicos internos**, y, junto a ellos, los **ganglios linfáticos paraesternales**. La parte alta está ocupada por la porción más caudal del **timo** o sus restos.

Mediastino medio (Figs. 22-6; 22-7 y 22-8)

El mediastino medio es el espacio ocupado, casi totalmente, por el corazón y su envoltura pericárdica. Además, se encuentran en esta región las porciones intrapericárdicas de la **aorta ascendente** y del **tronco de la arteria pulmonar**, el trayecto intratorácico de la **vena cava inferior** y los **nervios frénicos**.

Las relaciones del **corazón** son las mismas que las del **pericardio**. Analizadas en conjunto son las siguientes:

Por delante, el contenido del espacio mediastínico anterior que lo separa del peto esternocostal; los senos pleurales costomediastínicos con los bordes anteriores de los pulmones cubren parcialmente el pericardio, interponiéndose entre éste y la pared torácica. La proyección anterior del corazón con el *área cardíaca* se ha estudiado a propósito de este órgano.

A los lados, el pericardio marca una profunda huella en la cara mediastínica de los pulmones, más profunda en el lado izquierdo. En el tejido conectivo entre la pleura y el pericardio descienden los nervios frénicos con los vasos pericardiofrénicos.

Por detrás, el pericardio está en íntima relación con las estructuras del mediastino posterior, especialmente con el esófago. El esófago desciende entre las venas pulmonares derechas e izquierdas, por detrás de la aurícula izquierda de la que está separado por el fondo de saco oblicuo del pericardio.

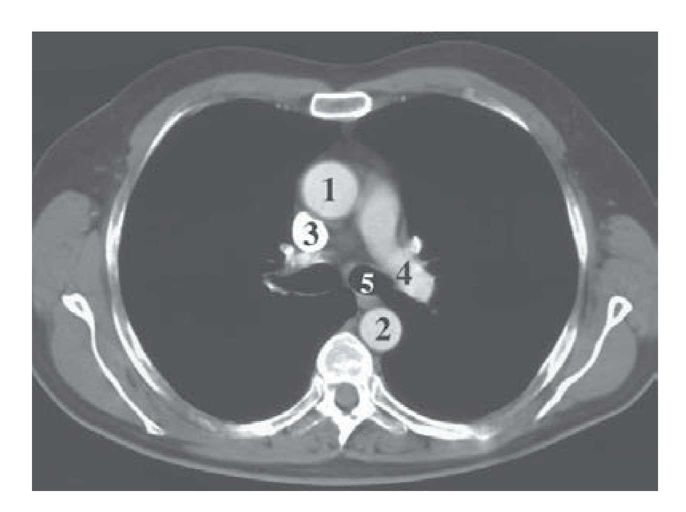


Figura 22-7. TC de la cavidad torácica a nivel de T5. 1) Aorta ascendente; 2) aorta torácica descendente; 3) vena cava superior; 4) arteria pulmonar izquierda; 5) bronquio principal izquierdo.

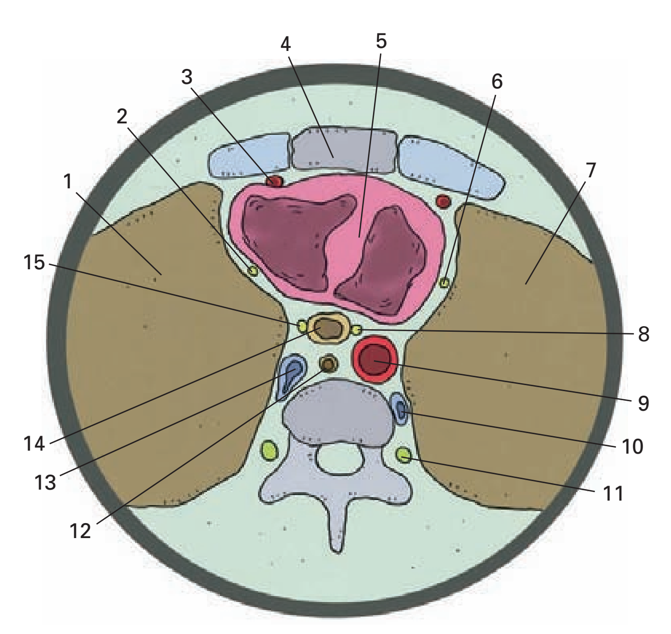


Figura 22-8. Corte transversal esquemático del mediastino a nivel de T7, visión inferior. Las cavidades cardíacas han sido simplificadas. 1) Pulmón derecho; 2) nervio frénico derecho; 3) arteria torácica interna; 4) esternón; 5) tabique cardíaco; 6) nervio frénico izquierdo; 7) pulmón izquierdo; 8) nervio vago izquierdo; 9) aorta descendente; 10) vena hemiácigos; 11) cadena simpática torácica; 12) conducto torácico; 13) vena ácigos; 14) esófago; 15) nervio vago derecho.

Por abajo, el pericardio se apoya sobre el diafragma, a través de él se relaciona con la cara diafragmática del lóbulo izquierdo del hígado y con el fondo del estómago, órganos de los que está separado por el espacio subfrénico de la cavidad peritoneal.

Mediastino posterior (Figs. 22-8 y 22-9)

El mediastino posterior es un espacio alargado y estrecho en sentido vertical. Constituye una gran vía de paso para el esófago y los vasos y nervios que discurren entre el tórax y el abdomen o viceversa.

Está *limitado por delante*, por el pericardio, la bifurcación traqueal y los pedículos pulmonares; *por detrás*, la columna vertebral torácica, desde T5 a T12; *a los lados*, las caras mediastínicas de los pulmones revestidas por las pleuras; *por abajo*, el diafragma, muy oblicuo en esta zona, descendiendo desde el pericardio a la vértebra T12; *por arriba*, se continúa con el mediastino superior. El diafragma presenta orificios de comunicación entre el tórax y el abdomen.

Contenido

Envueltos en un gran magma de tejido conectivo, se encuentran el esófago, la aorta torácica, las venas ácigos y hemiácigos, el conducto torácico, los nervios vagos, ganglios linfáticos y la cadena simpática torácica. Todos ellos dejan huella en las caras mediastínicas de los pulmones.

Se puede considerar al **esófago** como el *órgano eje* alrededor del cual se organizan los demás elementos del espacio.

Relaciones del esófago

El esófago desciende por delante de la columna vertebral de la que se va separando debido a que la aorta torácica se va colocando progresivamente por detrás. Está rodeado del **plexo vagal esofágico** resultado de la unión de los dos nervios vagos. Los vagos, procedentes del mediastino superior, entran en el mediastino posterior pasando por detrás de los pedículos pulmonares.

Delante del esófago se encuentra la bifurcación de la tráquea y más abajo, el pericardio (véase Mediastino medio).

Por detrás del esófago se disponen el conducto torácico, la aorta torácica, la vena ácigos y las venas hemiácigos y hemiácigos accesoria.

El **conducto torácico** se coloca en la línea media, adosado a los cuerpos vertebrales. Por detrás y a la derecha se encuentra la vena ácigos, y, por detrás y a la izquierda, se disponen la aorta torácica y las venas hemiácigos y hemiácigos accesoria.

La **vena ácigos** sube por la vertiente derecha de los cuerpos vertebrales. La **vena hemiácigos** asciende, y la **hemiácigos accesoria** desciende, siguiendo la vertiente izquierda de los cuerpos vertebrales; hacia la séptima u octava vértebra torácica se inclinan a la derecha, siempre por detrás del esófago, y se unen a la vena ácigos.

La **aorta torácica** desciende primero a la izquierda del esófago para enseguida hacerse posterior, paralela a la vena ácigos; en su trayecto se dispone por delante de las venas hemiácigos.

A los lados, el esófago entra en contacto con los ligamentos pulmonares y la pleura mediastínica.

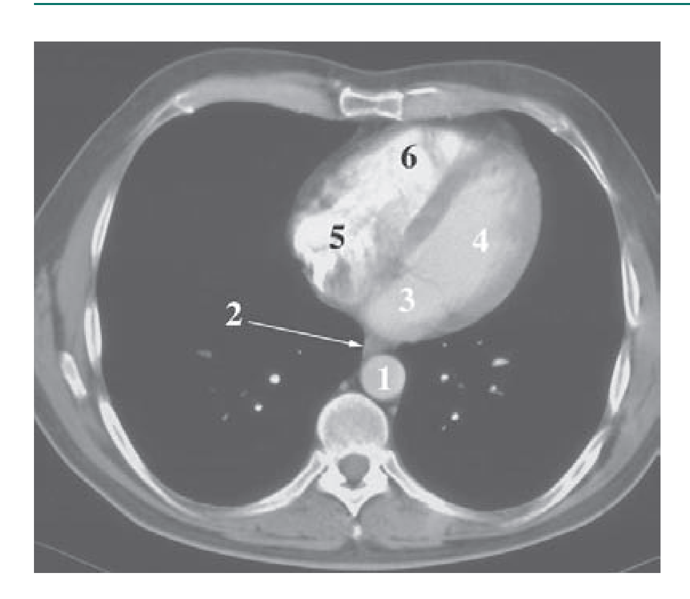


Figura 22-9. TC de la cavidad torácica a nivel de T7. 1) Aorta torácica descendente; 2) esófago; 3) aurícula izquierda; 4) ventrículo izquierdo; 5) aurícula derecha; 6) ventrículo derecho.

Entremezclados con todas estas estructuras hay numerosos **ganglios linfáticos mediastínicos posteriores**. Los **ganglios linfáticos traqueobronquiales inferiores** forman, también, parte de este espacio.

Aunque estrictamente la **cadena simpática torácica** no se sitúa en el mediastino posterior, sino por detrás de los pulmones y las pleuras, puede considerarse aquí, en razón de ramas vasculares y viscerales que se desprenden para inervar órganos del mediastino. Los **nervios esplácnicos** discurren por la parte más inferior y posterior de la región.

PEDÍCULOS PULMONARES

Los pedículos pulmonares que sirven de conexión entre los órganos del mediastino y los pulmones se han estudiado a propósito del aparato respiratorio.

CAVIDAD ABDOMINOPÉLVICA

La cavidad abdominopélvica se ha definido en el Capítulo 8 de esta obra. Sus **paredes** se han descrito ampliamente en diferentes partes, y la organización general de los espacios de la cavidad se han establecido también en el mencionado Capítulo 8, al que remitimos al lector. Consideramos aquí, en detalle, la disposición de las vísceras y del peritoneo de estos espacios topográficos.

Recordamos que la presencia del peritoneo divide la cavidad abdominopélvica en varios espacios o regiones: **retroperitoneal, peritoneal (supramesocólico** e **inframesocólico)** e **infraperitoneal** o **pélvico** (Fig. 22-10).

ESPACIO RETROPERITONEAL
(Figs. 22-11; 22-12; 22-13; 22-14 y 22-15)

Límites

Anterior: el peritoneo parietal posterior que lo separa de la cavidad peritoneal.

Posterior: la pared abdominal posterior.

Superior: la porción horizontal del diafragma

Inferior: sin límite preciso se continúa con el espacio pélvico a nivel de la bifurcación de la aorta.

La **pared abdominal posterior** se organiza a los lados de un eje central formado por la columna vertebral lumbar, en cuya parte alta nacen los pilares del diafragma para delimitar el orificio aórtico. Lateralmente a este eje se distinguen dos sectores: lumbar y diafragmático.

El *sector lumbar* está formado por tres músculos dispuestos escalonadamente de delante a atrás: psoas mayor, cuadrado lumbar y transverso del abdomen. En el espesor del psoas mayor se forma el plexo lumbar y en la grasa retrorrenal que cubre por delante a estos músculos discurren los nervios subcostal, iliohipogástrico e ilioinguinal.

El *sector diafragmático*, superior a éste, está formado por las fibras del diafragma que nacen en los ligamentos arqueados medial y lateral. Puede haber dehiscencias de fibras musculares que formen el hiato costovertebral. Detrás del diafragma se introduce el seno pleural costodiafragmático y más allá se encuentran las dos últimas costillas.

Las **fascias de coalescencia** (véase Cavidad abdominal), a modo de tabiques conectivos de orientación frontal, dividen el espacio retroperitoneal en dos compartimientos: retroperitoneo primario y secundario. La **fascia de Treitz**, se dispone detrás del complejo duodenopancreático. Las otras, las **fascias de Toltd**, se sitúan detrás del colon ascendente y descendente.

El **retroperitoneo primario** es el espacio comprendido entre la pared abdominal posterior y las fascias de coalescencia, y está ocupado por órganos que durante todo el desarrollo embrionario ocuparon siempre esa posición.

El **retroperitoneo secundario** es el espacio, anterior a éste, delimitado entre las fascias de coalescencia y el peritoneo parietal anterior. Está ocupado por los órganos que inicialmente estaban revestidos de peritoneo, pero que en el curso del desarrollo se desplazaron y se hicieron retroperitoneales.

RETROPERITONEO PRIMARIO

Contenido

En el centro del espacio, por delante de la columna vertebral, se encuentra el eje vascular formado por los grandes vasos abdominales, la **aorta abdominal** y la **vena cava inferior**. A los lados del eje vascular se encuentran los **riñones**, de cuyos bordes cóncavos salen las **pelvis renales** y

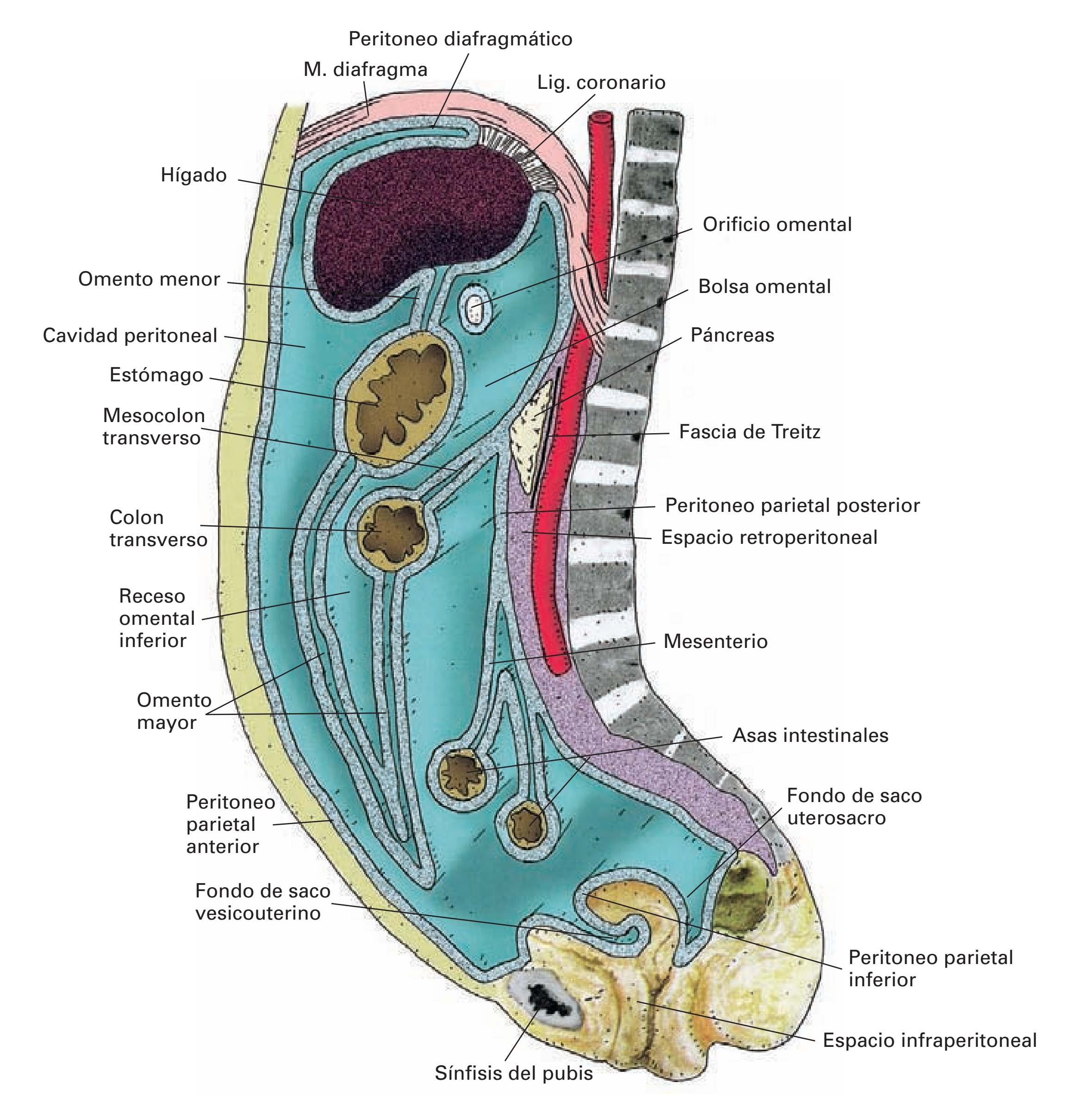


Figura 22-10. Representación esquemática de una sección sagital de la cavidad peritoneal para mostrar los distintos compartimientos y la disposición general del peritoneo. En el omento mayor se ha conservado la disposición embrionaria de las hojas uniendo el peritoneo del estómago con el del colon transverso.

los **uréteres,** y, encima de los riñones, las **glándulas suprarrenales**. Estos órganos están envueltos en la fascia renal.

El eje vascular, con la aorta a la izquierda de la vena cava inferior, está rodeado de los **ganglios linfáticos lumbares** y de **nervios y ganglios vegetativos simpáticos**.

La aorta abdominal emite sus ramas parietales (**arterias frénicas inferiores y lumbares)** y viscerales (**arterias suprarrenales medias, renales, testiculares u ováricas, tronco celíaco, mesentérica superior y mesentérica inferior**).

La vena cava inferior recibe sus correspondientes colaterales; las **venas lumbares** se anastomosan para formar las **venas lumbares ascendentes**. En la parte alta del espacio se encuentran las venas **de origen de las venas ácigos y hemiácigos**.

La **cisterna del quilo** se dispone detrás de la aorta, bajo el diafragma.

A los lados de los cuerpos vertebrales, ocultos por los grandes vasos, está la **cadena simpática lumbar**. Los **nervios esplácnicos lumbares** confluyen delante de la aorta para formar los **nervios hipogástricos**. El **plexo celíaco** rodea los orígenes del tronco celíaco y de la arteria mesentérica superior.

Relaciones del riñón (Figs. 22-12 y 22-13)

Cara posterior: con la pared abdominal posterior (segmentos lumbar y diafragmático).

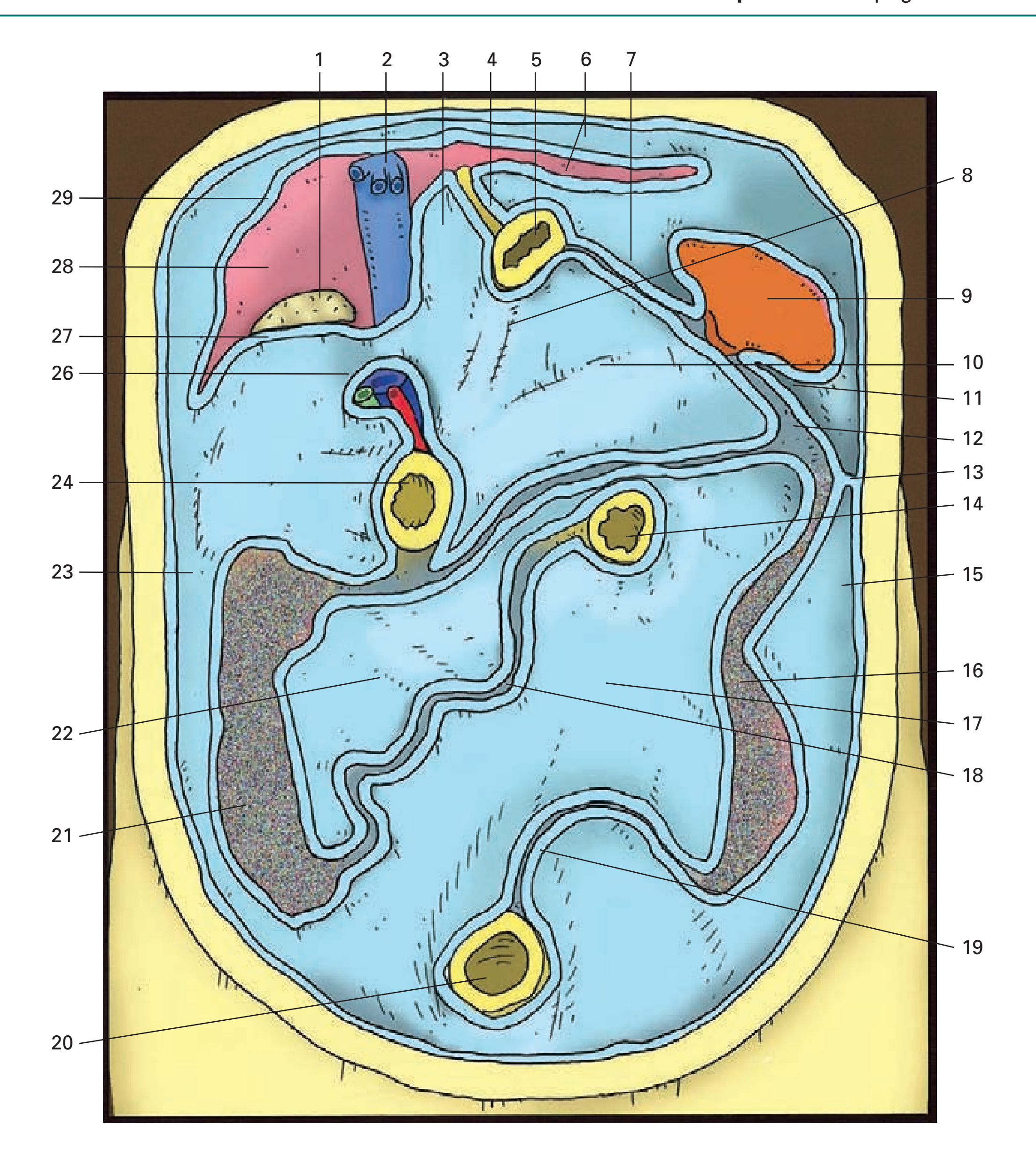


Figura 22-11. Visión anterior esquemática de la cavidad peritoneal mostrando el peritoneo parietal posterior y las líneas de reflexión de los pliegues peritoneales. 1) Glándula suprarrenal derecha; 2) venas suprahepáticas y cava inferior; 3) receso superior de la bolsa omental; 4) omento menor; 5) esófago; 6) ligamento triangular izquierdo; 7) ligamento esplenorrenal; 8) pliegue gastropancreático; 9) bazo; 10) pared posterior de la bolsa omental; 11) ligamento gastroesplénico; 12) raíz del mesocolon transverso; 13) ligamento frenocólico; 14) flexura duodenoyeyunal; 15) surco paracólico; 16) fascia de Toldt izquierda; 17) espacio inframesocólico izquierdo; 18) raíz del mesenterio; 19) raíz del mesocolon sigmoide; 20) recto; 21) fascia de Toldt derecha; 22) espacio inframesocólico derecho; 23) surco paracólico derecho; 24) porción superior del duodeno; 25) pedículo hepático en el borde libre del omento menor; 26) hiato omental; 27) lámina inferior del ligamento coronario; 28) porción desnuda (*pars affixa*); 29) lámina superior del ligamento coronario.

Cara anterior: las relaciones de las caras anteriores de los riñones se establecen: 1) a través de las fascias de coalescencia con órganos del retroperitoneo secundario; 2) directamente, a través del peritoneo parietal posterior, con órganos supramesocólicos e inframesocólicos.

El *riñón derecho* se relaciona: cerca del hilio, con la segunda porción del duodeno; y por fuera de este órgano, y de superior a inferior con el hígado, el ángulo derecho del colon y las asas intestinales. La relación con las asas intestinales y el hígado se hace a través del peritoneo, esta última mediante el receso hepatorrenal. La relación con el duodeno se hace mediante la fascia de Treitz y con el ángulo cólico por la fascia de Toldt.

El *riñón izquierdo* se relaciona en la parte alta con el estómago y el bazo, en la parte media con el cuerpo y la cola del páncreas, y en la parte inferior, con el ángulo izquierdo del colon y las asas intestinales. Entre el estómago y el riñón se interpone la bolsa omental. El peritoneo pa-

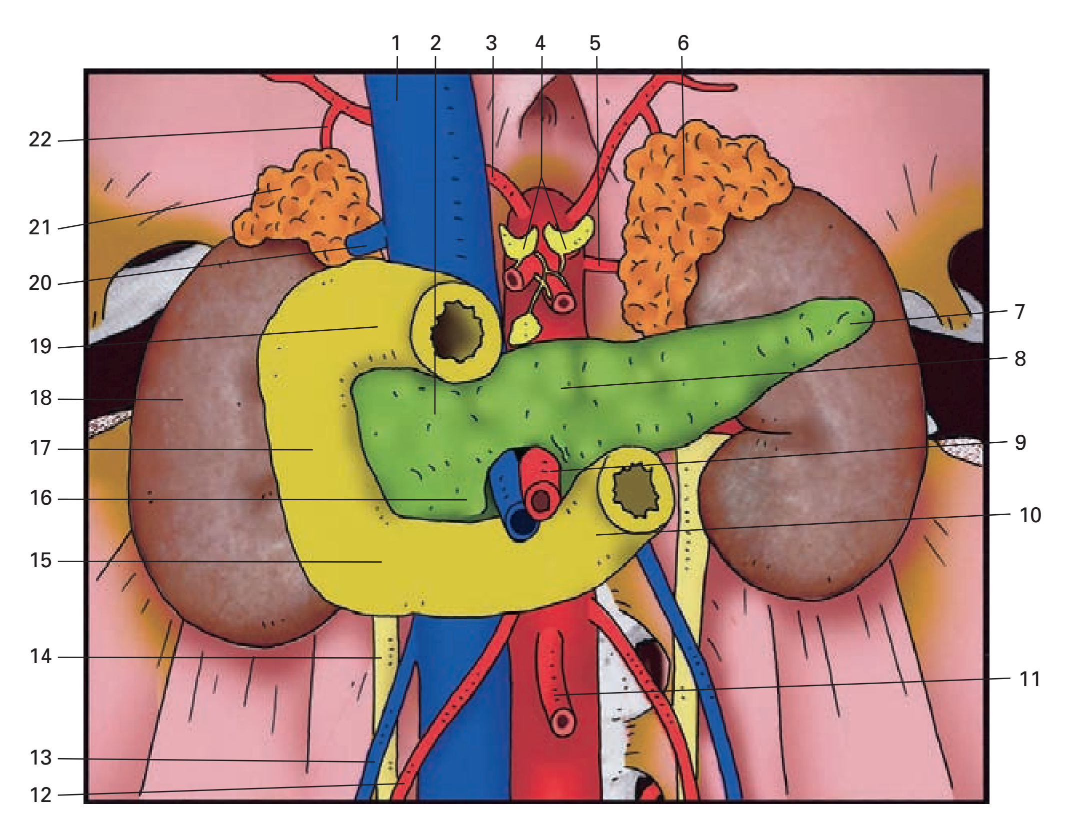


Figura 22-12. Visión anterior de los órganos retroperitoneales y sus relaciones. 1) Vena cava inferior; 2) cabeza del páncreas; 3) arteria frénica inferior; 4) ganglios semilunares; 5) arteria suprarrenal media; 6) glándula suprarrenal izquierda; 7) cola del páncreas; 8) cuerpo del páncreas; 9) vasos mesentéricos superiores; 10) porción ascendente del duodeno; 11) arteria mesentérica inferior; 12) arteria gonadal derecha; 13) vena gonadal derecha; 14) uréter derecho; 15) porción horizontal del duodeno; 16) gancho del páncreas; 17) porción descendente del duodeno; 18) riñón derecho; 19) primera porción del duodeno; 20) vena suprarrenal; 21) glándula suprarrenal derecha; 22) arteria suprarrenal superior.

rietal separa el bazo y las asas intestinales del riñón. Entre el páncreas y el riñón, se interpone la fascia de Treitz, y entre el cólon y el riñón la fascia de Toldt.

Los *polos superiores* de los riñones se relacionan con las glándulas suprarrenales, que desbordan sobre la cara anterior y el borde medial hasta el hilio renal.

Relaciones de las glándulas suprarrenales

Cara anterior: la glándula suprarrenal derecha se relaciona con el área desnuda del hígado; la suprarrenal izquierda con el estómago a través de la bolsa omental.

Cara posterior: con la porción lumbar del diafragma, los nervios esplácnicos, el seno pleural costodiafragmático y las dos últimas costillas.

Medialmente: la suprarrenal derecha contacta con la vena cava inferior y, la suprarrenal izquierda con la aorta abdominal y el plexo celíaco.

Los *polos inferiores* de ambas glándulas contactan con los pedículos renales.

Relaciones del uréter (porción abdominal)

Posteriormente, el músculo psoas mayor.

Medialmente, el eje vascular.

Anteriormente, el riñón derecho se relaciona con la segunda porción del duodeno, los vasos gonadales, los vasos cólicos derechos y el colon ascendente (la relación con el duodeno y con el colon se hace mediante las fascias de coalescencia). El riñón izquierdo se relaciona con los vasos gonadales, los vasos cólicos izquierdos y el colon descendente (mediante la fascia de Toldt).

RETROPERITONEO SECUNDARIO

Contenido

Duodeno, páncreas, terminación del conducto hepatocolédoco, origen de la vena porta, colon ascendente y colon descendente.

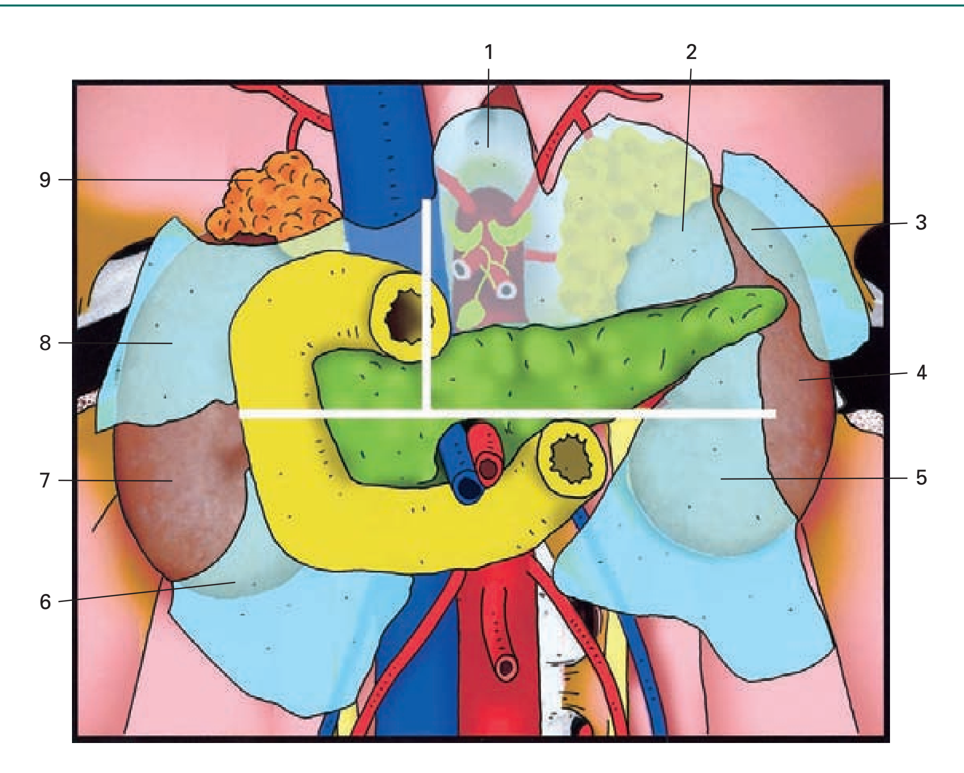


Figura 22-13. Visión anterior de los órganos retroperitoneales y sus relaciones. El peritoneo parietal posterior (azul) ha sido eliminado del complejo duodenopancreático y representado únicamente sobre los órganos retroperitoneales primarios. Las áreas azuladas de los riñones y de las suprarrenales indican que las relaciones con órganos intracavitarios se hacen a través del peritoneo parietal. Sobre la cara anterior del complejo duodenopancreático se han trazado las líneas pilórica (vertical) y mesocólica (horizontal) que dividen las relaciones anteriores de los órganos retroperitoneales en tres sectores: hepático, gástrico e intestinal (véase texto). 1) Receso omental superior; 2) área gástrica del riñón izquierdo y pared posterior de la bolsa omental; 3) área esplénica del riñón izquierdo; 4) área cólica del riñón izquierdo; 5) área intestinal del riñón izquierdo; 6) área intestinal del riñón derecho; 7) área cólica del riñón derecho; 8) área hepática del riñón derecho; 9) zona correspondiente al área desnuda del hígado.

Relaciones del complejo duodenopancreático

(Figs. 22-11; 22-12; 22-16 y 22-17)

El complejo duodenopancreático puede considerarse una referencia clave de la topografía abdominal. La comprensión de las relaciones anteriores y posteriores de este complejo permite tener una visión bastante completa de la organización del abdomen. El complejo está limitado anteriormente por el peritoneo parietal posterior y dorsalmente por la fascia de Treitz. La porción proximal de la primera porción del duodeno es intraperitoneal (véase más adelante).

Relaciones posteriores

El complejo duodenopancreático tiene por detrás, en un primer plano, el origen de la vena porta, resultado de la unión de la vena mesentérica superior y el tronco esplenomesentérico, y la terminación del colédoco.

En un segundo plano, a través de la fascia de Treitz, el complejo se relaciona con los órganos del retroperitoneo primario.

Duodeno

Primera porción: se relaciona con la vena cava inferior y la glándula suprarrenal derecha.

Segunda porción: con el pedículo renal derecho, la cara anterior del riñón derecho (porción medial) y el origen del uréter.

Tercera porción: la vena cava inferior y la aorta abdominal.

Cuarta porción: asciende siguiendo el flanco izquierdo de la aorta hasta topar con el pedículo renal izquierdo y el origen del uréter izquierdo.

Páncreas

Cabeza del páncreas: vena cava inferior, pedículo renal derecho y vasos gonadales derechos.

Cuerpo: vena cava inferior, aorta abdominal con el origen de la arteria mesentérica superior y pedículo renal izquierdo. La arteria mesentérica superior desciende por detrás del páncreas cruzando por delante de la vena renal izquierda; luego sale por el borde inferior del páncreas pasando por delante del gancho y de la tercera porción del duodeno.

Cola: pedículo renal izquierdo, glándula suprarrenal izquierda y cara anterior del riñón izquierdo. En su extremo penetra en el ligamento esplenorrenal.

Relaciones anteriores (Fig. 22-13)

Las relaciones de la cara anterior del complejo duodenopancreático se pueden dividir en tres sectores mediante dos líneas, la línea mesocólica y la línea pilórica.

La **línea mesocólica**, horizontal, sigue la inserción del mesocolon transverso en el peritoneo parietal. El sector superior a esta línea corresponde a órganos supramesocólicos y el inferior, a órganos inframesocólicos.

El sector supramesocólico se divide a su vez en dos sectores por una línea vertical que pase por el píloro (**línea pilórica**). A la derecha de la línea pilórica queda el sector hepático y a la izquierda, el sector gástrico.

El *sector hepático* entra en relación con la cara visceral del hígado y corresponde a: la porción superior derecha de la cabeza del páncreas, la primera flexura duodenal y la mitad superior de la segunda porción del duodeno.

El *sector gástrico* se relaciona con la cara posterior del estómago a través de la bolsa omental. Corresponde a la mitad izquierda de la cabeza del páncreas, el cuerpo y la cola del páncreas. La cola del páncreas, al penetrar en el ligamento esplenorrenal, se relaciona con el hilio del bazo y el ligamento gastroesplénico.

El *sector intestinal* se relaciona con el yeyuno y el íleon. Corresponde a la mitad inferior de la segunda porción del duodeno, la tercera y la cuarta porción del duodeno, el tercio inferior de la cabeza del páncreas y su gancho. El pedículo vascular mesentérico superior, con la vena a la derecha de la arteria, cruza por delante de la tercera porción del duodeno para entrar en la raíz del mesenterio.

Relaciones del colon ascendente
(Figs. 22-11; 22-15; 22-19)

Anteriormente: el peritoneo parietal posterior, la cavidad peritoneal y la pared abdominal.

Posteriormente: la fascia de Toldt derecha y, mediante ella, con la pared abdominal posterior, el polo inferior del riñón derecho; el uréter desciende medialmente.

Lateralmente: el surco paracólico, entre el colon y el peritoneo que tapiza la pared abdominal. Este surco comunica con el receso subfrénico derecho y con el receso hepatorrenal.

Medialmente: el arco vascular paracólico, las asas intestinales y el omento mayor.

Relaciones del colon descendente
(Figs. 22-11; 22-15; 22-19)

Anteriormente: el peritoneo parietal posterior, la cavidad peritoneal y la pared abdominal. Las asas intestinales y el omento mayor tienden a disponerse por delante del colon, entre éste y la pared abdominal.

Posteriormente: la fascia de Toldt izquierda y, a su través, con la pared abdominal posterior, la cara anterior del riñón izquierdo y el uréter izquierdo.

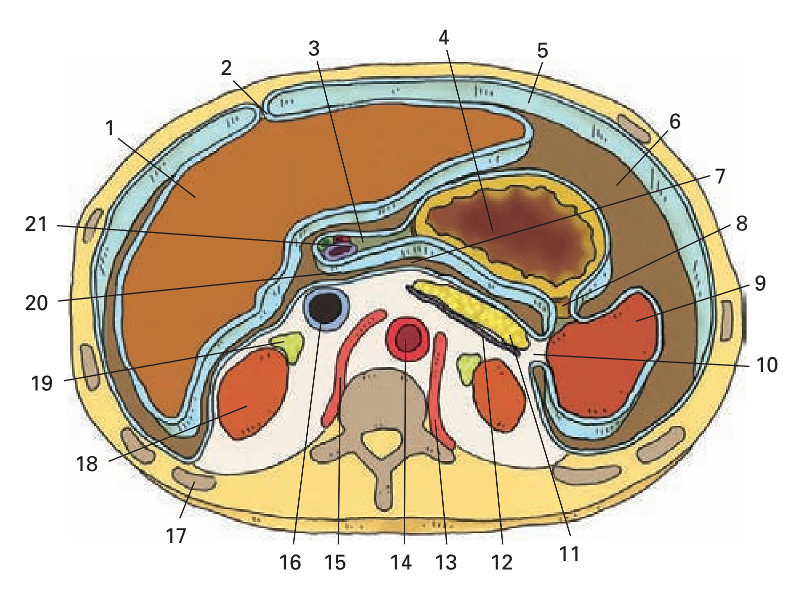


Figura 22-14. Corte transversal esquemático de la cavidad abdominal a nivel de T12 mostrando las relaciones de los órganos supramesocólicos y retroperitoneales, visión inferior. Por simplificación del esquema no se han representado los senos pleurales. 1) Hígado; 2) ligamento falciforme; 3) omento menor; 4) estómago; 5) peritoneo parietal anterior; 6) cavidad peritoneal; 7) bolsa omental; 8) ligamento gastroesplénico; 9) bazo; 10) ligamento esplenorrenal; 11) cuerpo y cola del páncreas; 12) fascia de Treitz; 13) pilar izquierdo del diafragma; 14) aorta abdominal; 15) pilar derecho del diafragma; 16) vena cava inferior; 17) arco costal; 18) riñón derecho; 19) suprarrenal derecha; 20) hiato omental; 21) pedículo hepático.

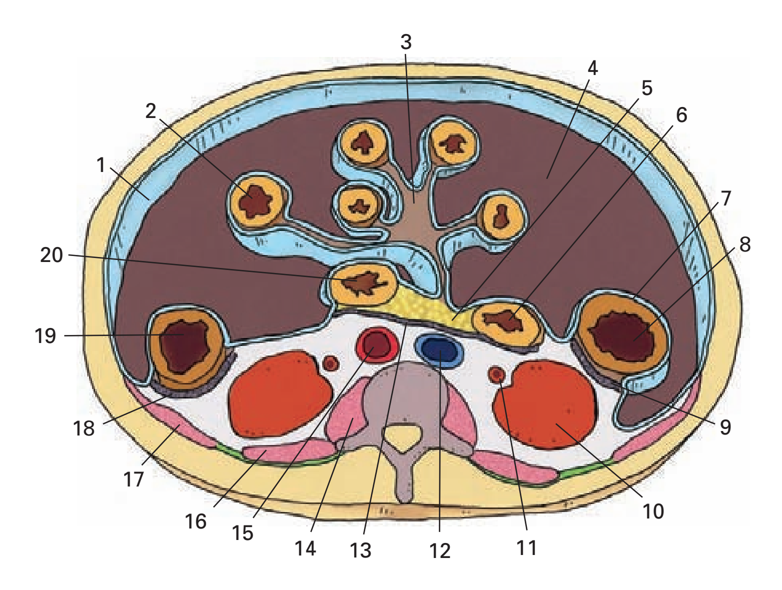


Figura 22-15. Corte transversal de la cavidad abdominal a nivel de L2 mostrando la disposición de los órganos retroperitoneales y del espacio inframesocólico, visión superior. 1) Peritoneo parietal anterior; 2) asa intestinal; 3) mesenterio; 4) cavidad peritoneal; 5) páncreas; 6) porción descendente del duodeno; 7) peritoneo parietal posterior; 8) colon ascendente; 9) fascia de Toldt derecha; 10) riñón derecho; 11) uréter derecho; 12) vena cava inferior; 13) fascia de Treitz; 14) músculo psoas mayor; 15) aorta abdominal; 16) músculo cuadrado lumbar; 17) músculo transverso del abdomen; 18) fascia de Toldt izquierda; 19) colon descendente; 20) porción ascendente del duodeno.

Lateralmente: el surco paracólico izquierdo, menos marcado que el derecho. El ligamento frenocólico separa parcialmente este surco del receso subfrénico izquierdo.

Medialmente: el arco vascular paracólico, las asas intestinales y el omento mayor.

CAVIDAD PERITONEAL

La cavidad peritoneal o espacio intraperitoneal es la gran cavidad circundada por el peritoneo parietal. Sus límites y organización general se han descrito en el Capítulo 8 (pág. 377). El colon transverso y el mesocolon transverso subdividen la cavidad peritoneal en dos amplios compartimientos, los espacios supramesocólico e inframesocólico.

ESPACIO SUPRAMESOCÓLICO
(Figs. 8-52; 8-72; 22-14)

Límites

Anterolateral: pared abdominal tapizada por el peritoneo parietal anterior.

Posterior: peritoneo parietal posterior, que lo separa del espacio retroperitoneal

Superior: diafragma, tapizado por el peritoneo parietal diafragmático.

Inferior: colon transverso y mesocolon transverso; por delante del colon transverso, el espacio se comunica ampliamente con el espacio inframesocólico.

Contenido

Esófago abdominal, estómago, porción medial de la primera porción del duodeno, bazo, hígado y los correspondientes pliegues peritoneales.

Se pueden distinguir dos compartimientos en este espacio, el *compartimiento hepático* y el *compartimiento gastroesplénico.*

Seguiremos el siguiente esquema de exposición: estómago y peritoneo gástrico; bazo y peritoneo esplénico; hígado y peritoneo hepático, y bolsa omental.

Estómago

Disposición del peritoneo gástrico
(Figs. 8-52; 22-14)

El estómago está rodeado por delante y por detrás por peritoneo visceral que se continúa con la envoltura de otras formaciones mediante varios pliegues peritoneales: ligamento gastrofrénico, ligamento gastroesplénico, omento menor y omento mayor. El ligamento gastroesplénico se estudiará con el bazo.

El **ligamento gastrofrénico** es un pliegue vertical que une el fórnix gástrico con el peritoneo diafragmático; tapiza el esófago abdominal por delante.

El **omento menor (epiplón menor)** se extiende desde la curvatura menor del estómago a la cara visceral del hígado. Por delante está oculto por el hígado. Tiene tres bordes de inserción y un borde libre. El *borde gastroduodenal* se inserta en el esófago abdominal, la curvatura menor del estómago y la primera porción del duodeno. El *borde hepático* dibuja una «L» insertándose alrededor del hilio hepático y prolongándose hacia atrás alrededor del conducto venoso hasta continuarse con el ligamento coronario. El *borde diafragmático*, muy corto, se fija al peritoneo diafragmático entre el esófago y el hígado. Cada una de estas porciones recibe una denominación: ligamento hepatoesofágico, ligamento hepatogástrico, ligamento hepatoduodenal y ligamento hepatodiafragmático.

El *borde libre* representa la unión de las dos hojas del pliegue, entre el duodeno y el hígado. Contiene el pedículo hepático (vena porta, arteria hepática propia y conducto hepatocolédodo) y superiormente tapiza la vesícula biliar y el cístico. Entre las dos hojas del pliegue transita el ramo hepático del nervio vago.

El **omento mayor (epiplón mayor)** (Figs. 8-72; 22-10) es un gran pliegue peritoneal que une el peritoneo del estómago con el del colon transverso después de descender por detrás de la pared abdominal hasta las cercanías del pubis. Es un pliegue doble cuyas láminas se fusionan habitualmente durante el desarrollo fetal. La parte anterior del pliegue se origina en la curvatura mayor del estómago y desciende hasta el pubis donde se refleja para ascender formando la porción posterior del pliegue, la cual se continúa con el peritoneo visceral del colon transverso. Cada pliegue está formado por dos láminas. En la porción más superior del epiplón mayor puede no haber una fusión completa de la láminas con permanencia de una cavidad (**receso inferior**) en continuidad con la bolsa omental. Contiene cúmulos de grasa, más abundantes cuanto más obeso es el sujeto, y vasos sanguíneos procedentes de los vasos gastroepiploicos.

Relaciones del estómago

El estómago es una víscera toracoabdominal, y, en consecuencia, está oculto en gran parte por la parte inferior de la caja torácica.

Cara anterior

Segmento subtorácico: a través del diafragma, se relaciona con la pleura y el pulmón izquierdo, el pericardio y la pared torácica en un área comprendida entre los arcos costales 5.º a 9.º. El lóbulo izquierdo del hígado se interpone entre el diafragma y el estómago.

Segmento abdominal: se relaciona con la pared abdominal anterior en la zona del epigastrio, por debajo de los rebordes costales. La porción superior derecha está cubierta por el hígado y el resto de la cara anterior entra en relación inmediata con la pared abdominal. El espacio triangular comprendido entre el reborde costal izquierdo, el borde inferior del hígado y la proyección en la superficie de la curvatura mayor es el *espacio triangular de Labbé*[1]. La extensión de esta zona es muy variable y depende de la forma y del grado de repleción del estómago.

Cara posterior

La cara posterior del estómago entra en relación, a través de la bolsa omental, con el denominado lecho gástrico y con el bazo. El lecho gástrico está formado por los órganos que forman las paredes posterior e inferior de la bolsa omental (véase Bolsa omental). Debe señalarse que, a través del mesocolon transverso (pared inferior de la bolsa omental), el estómago se relaciona con el yeyuno.

Curvatura mayor

En la parte alta, se relaciona con el bazo mediante el ligamento gastroesplénico; en el resto de su extensión, la curvatura se apoya sobre el colon transverso a través del omento mayor. Entre las hojas del omento mayor discurren las arterias, venas y ganglios linfáticos gastroepiploicos derechos e izquierdos.

Curvatura menor

Entre las hojas del omento menor discurren las arterias, venas y ganglios linfáticos gástricos derechos e izquierdos. Siguiendo la curvatura desciende el tronco vagal anterior.

Bazo

El bazo se sitúa en la parte lateral y superior del compartimiento gastroesplénico, oculto anteriormente por el estómago.

Peritoneo esplénico (Figs. 8-52; 22-11; 22-14)

El bazo está envuelto por peritoneo visceral, el cual, a nivel del hilio se continúa con los ligamentos gastroesplénico y esplenorrenal.

El **ligamento gastroesplénico** se extiende desde la curvatura mayor del estómago al hilio del bazo. Está formado por dos láminas. La lámina anterior es la continuidad del peritoneo visceral que reviste la cara anterior del estóma-

[1] León Labbé (1832-1916), cirujano francés.

go; al llegar al hilio del bazo se refleja para envolverlo formando su peritoneo visceral; luego se continúa hacia atrás con la lámina posterior del ligamento esplenorrenal. La lámina posterior continúa el peritoneo de la cara posterior del estómago, llega al hilio del bazo y se refleja para continuarse con la lámina anterior del ligamento esplenorrenal. El ligamento gastroesplénico contiene los vasos gástricos cortos y gastroepiploicos izquierdos.

El **ligamento esplenorrenal** se extiende desde el peritoneo parietal posterior que cubre el riñón izquierdo hasta el bazo. La lámina anterior del pliegue, al llegar al hilio del bazo, se continúa con la lámina posterior del ligamento gastroesplénico. La lámina posterior se refleja a nivel del hilio del bazo para envolver a este órgano y unirse a la lámina anterior del ligamento gastroesplénico. La cola del páncreas y los vasos esplénicos (arteria y vena esplénica) se introducen en el ligamento esplenorrenal para llegar hasta el hilio del bazo.

Relaciones del bazo

Cara diafragmática. A través del diafragma, el bazo se relaciona con el seno pleural costodiafragmático y con la base del pulmón izquierdo. Superficialmente al pulmón y a la pleura, el bazo se relaciona con las costillas IX a XI y los correspondientes espacios intercostales (la proyección del bazo en la pared torácica se ha analizada en el Capítulo 13).

Posteriormente, el bazo se relaciona mediante su *cara renal* con la cara superior del riñón derecho y la glándula suprarrenal derecha.

Anteriormente, la *cara gástrica* del bazo se aplica sobre la cara posterior del estómago. Se ha dicho que el bazo es la «almohada» del lecho del estómago.

Inferiormente, la *cara cólica* entra en relación con el ángulo izquierdo del colon y el **ligamento frenocólico**, un pliegue peritoneal transversal que une el peritoneo diafragmático con el ángulo esplénico del colon (Fig. 22-11).

Porción proximal de la primera porción del duodeno

La mitad proximal de la primera porción del duodeno es intraperitoneal y se moviliza igual que el estómago. Ello se debe a que en esta zona, las dos hojas del omento menor incluyen al duodeno tapizándole por delante y por detrás y, uniéndose por debajo del mismo se continúan con el omento mayor. En contraste, la mitad distal de la primera porción del duodeno es, como que el resto del órgano, retroperitoneal. En este caso, la lámina anterior del omento menor pasa por delante del duodeno y se continúa con el peritoneo parietal posterior, mientras que la lámina posterior del pliegue no cubre al duodeno, sino que se refleja hacia atrás para recubrir la vena cava inferior y formar parte de la bolsa omental.

Relaciones

La mitad proximal del duodeno se relaciona *por delante* con el lóbulo cuadrado del hígado y la vesícula biliar; *por detrás* entra en relación con la arteria gastroduodenal y, mediante la bolsa omental, con la vena cava inferior. *Por debajo*, el duodeno se apoya sobre el cuello del páncreas.

Esófago abdominal

El **esófago abdominal** es el trayecto del esófago comprendido entre el diafragma y el cardias. El peritoneo lo cubre por delante y a los lados, dejándolo libre por detrás.

Relaciones

Anteriormente se relaciona con el lóbulo izquierdo del hígado a nivel del ligamento triangular; posteriormente contacta con el pilar izquierdo del diafragma. La aorta abdominal con el plexo celíaco se sitúa por detrás, por debajo y a la derecha.

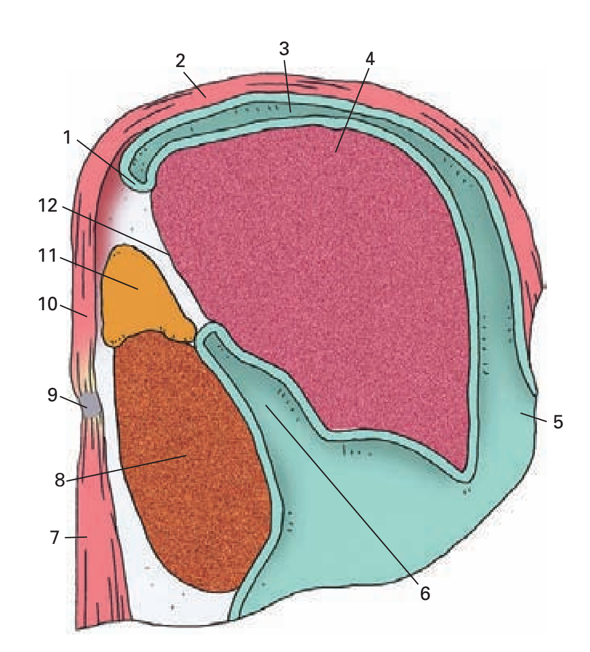


Figura 22-16. Corte parasagital esquemático para mostrar la disposición de los recesos subfrénico derecho y hepatorrenal. La fascia renal no se ha representado. 1) Lámina superior del ligamento coronario; 2) porción horizontal del diafragma; 3) receso subfrénico derecho; 4) hígado; 5) cavidad peritoneal; 6) receso hepatorrenal; 7) músculo cuadrado lumbar; 8) riñón derecho; 9) última costilla; 10) porción vertical del diafragma; 11) glándula suprarrenal derecha.

Hígado

Disposición del peritoneo hepático
(Figs. 8-52; 8-72; 22-11)

El peritoneo que envuelve el hígado se une a elementos vecinos mediante tres pliegues peritoneales que contribuyen a fijar el órgano: el omento menor (ya descrito), el ligamento falciforme y el ligamento coronario.

El **ligamento falciforme** es un pliegue predominantemente vertical y de dirección anterposterior que une el peritoneo parietal anterior y diafragmático con el peritoneo visceral del hígado. Con forma de hoz, se distinguen en él tres bordes y dos caras, una derecha y otra izquierda. El *borde hepático* se fija de delante atrás sobre la cara diafragmática del hígado y se continúa con la hoja superior del ligamento coronario. El *borde superior* se fija en el peritoneo diafragmático y el peritoneo que reviste la pared abdominal anterior hasta el ombligo. El *borde libre* es la unión entre las dos hojas del pliegue y se extiende desde el ombligo hasta la escotadura del ligamento redondo en el borde inferior del hígado; contiene el ligamento redondo del hígado, un resto conectivo de la vena umbilical del feto.

El ligamento falciforme divide el espacio peritoneal que queda entre el diafragma y la cara superior del hígado en dos recesos peritoneales. El **receso subfrénico derecho** se sitúa entre el peritoneo diafragmático y el lóbulo derecho del hígado; el **receso subfrénico izquierdo** se localiza entre el peritoneo diafragmático y el lóbulo izquierdo del hígado, invadiendo el compartimiento gastroesplénico sin límite alguno. El receso subfréncio derecho comunica caudalmente con el surco paracólico derecho y el receso hepatorrenal.

El **ligamento coronario** es un pliegue dispuesto por detrás del hígado que lo une con el peritoneo parietal diafragmático. Ocupa toda la anchura del hígado, pero es muy corto en sentido anteroposterior. Está formado por dos láminas, superior e inferior. La *lámina superior* se fija sobre el límite entre las porciones posterior y superior de la cara diafragmática, continuándose en el centro con las láminas del ligamento falciforme. La *lámina inferior* sigue el límite entre la parte posterior del hígado y la cara visceral. En su trayecto, pasa por delante de la vena cava inferior, contornea el flanco posterior del lóbulo caudado y, a nivel del surco del ligamento venoso, se continúa con el omento menor. En los extremos, las dos láminas se adosan entre sí formando los **ligamentos triangulares derecho** e **izquierdo**. En el resto de su extensión, entre las dos láminas, la parte posterior del hígado permanece sin revestimiento peritoneal y constituye el **área desnuda** o ***pars affixa***. Mediante el ligamento coronario y el área desnuda, el hígado está firmemente adherido a la pared abdominal posterior.

Relaciones del hígado

Cara diafragmática (Figs. 8-74 y 8-75)

La *porción superior* de la cara diafragmática está recorrida por la inserción del ligamento falciforme determinando que el lóbulo derecho del hígado corresponda al receso subfrénico derecho y el lóbulo izquierdo al receso subfrénico izquierdo.

A través de estos recesos peritoneales, el hígado entra en relación con el diafragma, el cual lo separa de los órganos del tórax: pleura diafragmática, base del pulmón derecho, pericardio y cara inferior del corazón.

La *porción posterior* de la cara diafragmática corresponde, en gran parte, al área desnuda comprendida entre las dos láminas del ligamento coronario. Se relaciona con la porción vertical del diafragma, la vena cava inferior y la glándula suprarrenal derecha. Medialmente al área desnuda, el ligamento triangular izquierdo contacta con el esófago abdominal.

Cara visceral (Fig. 8-76)

Esta cara del hígado, inclinada hacia abajo y hacia atrás, cubre numerosas vísceras abdominales.

En el centro, el hilio hepático da paso al pedículo hepático formado por la vena porta, el conducto hepatocolédoco y la arteria cística, todos ellos envueltos en el omento menor.

Hacia delante, la vesícula biliar ocupa la fosa cística revestida por el peritoneo hepático por debajo y por el fondo. La cara superior de la vesícula está adherida al hígado por tejido conectivo; en ocasiones, puede haber un pequeño meso peritoneal. El fondo de la vesícula corresponde anteriormente a la pared abdominal, en una zona situada

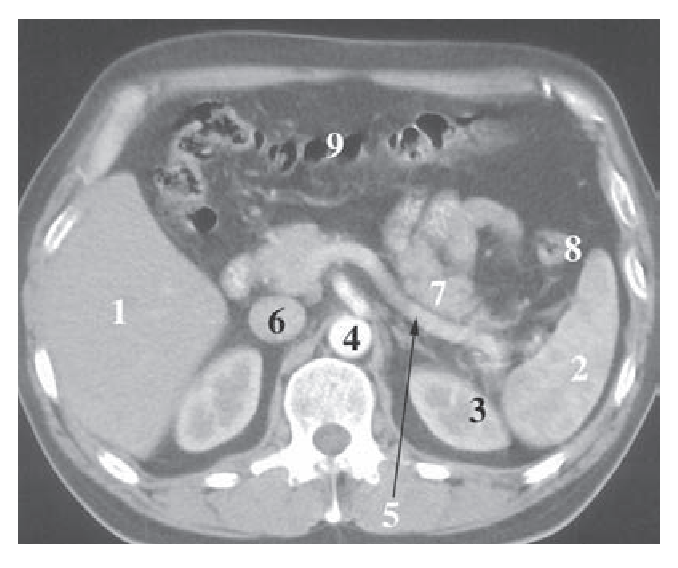


Figura 22-17. TC de la cavidad abdominal. 1) Hígado; 2) bazo; 3) riñón izquierdo; 4) aorta abdominal; 5) vena esplénica; 6) vena cava inferior; 7) cuerpo del páncreas; 8) colon descendente; 9) colon transverso.

bajo el reborde costal e inmediatamente por fuera del músculo recto abdominal derecho. Por abajo, la vesícula se apoya sobre el ángulo hepático del colon y la primera flexura del duodeno.

A la derecha de la vesícula biliar y del hilio hepático, la cara visceral del lóbulo derecho del hígado se corresponde con el ángulo hepático del colon y con los órganos retroperitoneales situados por encima de la *línea mesocólica*: cabeza del páncreas y mitad superior del duodeno y de la cara anterior del riñón derecho. Entre el riñón derecho y el hígado se insinúa el **receso peritoneal hepatorrenal**, de gran interés clínico por estar en comunicación hacia abajo con el surco paracólico derecho, y, medialmente, con la bolsa omental. Las acumulaciones de líquido en la cavidad peritoneal se diseminan por estos espacios.

A la izquierda de la vesícula biliar, el lóbulo cuadrado se relaciona con el duodeno y, más allá, el lóbulo izquierdo lo hace con el píloro y la cara anterior del estómago.

Detrás del hilio, el lóbulo caudado forma el límite superior del hiato omental (véase más adelante).

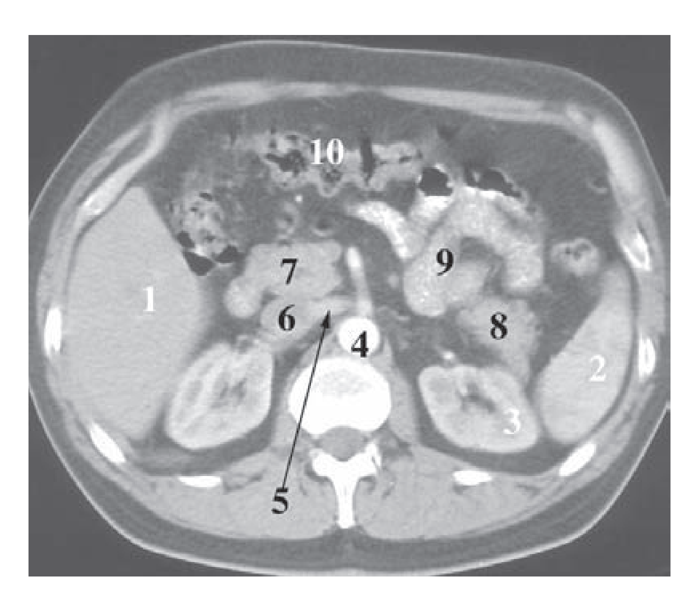


Figura 22-18. TC de la cavidad abdominal. 1) Hígado; 2) bazo; 3) riñón izquierdo; 4) aorta; 5) vena renal izquierda; 6) vena cava inferior; 7) cabeza del páncreas; 8) cola del páncreas; 9) asas intestinales; 10) colon transverso.

Bolsa omental (transcavidad de los epiplones) (Figs. 22-10; 22-11; 22-13)

La **bolsa omental** es un divertículo de la cavidad peritoneal situado por detrás del estómago. Está comprendida entre el estómago y el omento menor, y el peritoneo parietal posterior que tapiza los órganos retroperitoneales. Describiremos un orificio de entrada, unas paredes y un fondo.

El **orificio omental** (*hiato de Winslow*) es la puerta de entrada que pone en comunicación la bolsa con el resto de la cavidad peritoneal. De forma ovalada y de un tamaño que permite el paso de un dedo, presenta los siguientes límites: el *límite anterior* es el pedículo hepático comprendido en el borde libre del omento menor; el *límite posterior* lo forma la vena cava inferior revestida de peritoneo parietal; el *límite superior* es el lóbulo caudado del hígado; el *límite inferior* está formado por la primera porción del duodeno y la reflexión hacia atrás del peritoneo de la hoja posterior del omento menor sobre el peritoneo parietal que reviste la vena cava inferior.

La *pared anterior* de la bolsa omental está formada por el omento menor y la cara posterior del estómago.

La *pared posterior* está revestida por el peritoneo parietal posterior y corresponde al cuerpo y la cola del páncreas, la cara anterior del riñón izquierdo, la glándula suprarrenal izquierda, el pilar izquierdo del diafragma y la aorta abdominal. De la aorta emergen las arterias frénicas inferiores y el tronco celíaco. Este último está rodeado por el plexo celíaco y los ganglios linfáticos celíacos. La arteria esplénica es visible por encima del páncreas.

La *pared inferior* o suelo de la transcavidad está formado por el mesocolon transverso y el colon transverso. El conjunto formado por las paredes posterior e inferior constituye el *lecho gástrico*, ya que sobre ellas se apoya la cara posterior del estómago.

El fondo de la transcavidad (**receso esplénico**) está comprendido entre el ligamento gastroesplénico y el ligamento esplenorrenal que se unen en el hilio esplénico; de esta forma, el bazo cierra lateralmente la bolsa omental.

Entre las paredes anterior e inferior se forma una prolongación de la bolsa omental (**receso inferior**) que se extiende entre las láminas del omento mayor. Con el desarrollo, esta cavidad generalmente se oblitera por completo.

La porción de la bolsa omental situada por detrás del omento menor se denomina **vestíbulo**. Está comprendido entre el orificio omental y dos pliegues peritoneales (**pliegues gastropancreáticos**) levantados en el peritoneo parietal por las arterias hepática común y gástrica izquierda. De la parte alta del vestíbulo surge una prolongación (**receso superior**) que se introduce por detrás del hígado y a la izquierda de la vena cava inferior hasta el ligamento coronario.

ESPACIO INFRAMESOCÓLICO (Figs. 22-10; 22-11; 22-15; 22-19)

Límites

Anterolateral: pared abdominal tapizada por el peritoneo parietal anterior. En la parte más caudal, bajo el ombligo,

se forman los pliegues y fosas inguinales que se han descrito con el conducto inguinal y el peritoneo.

Posterior: peritoneo parietal posterior que lo separa del espacio retroperitoneal.

Superior: colon transverso y mesocolon tranverso, que lo separa del espacio supramesocólico.

Inferior: peritoneo parietal inferior, que lo separa del espacio infraperitoneal.

Contenido

Yeyuno, íleon, ángulo duodenoyeyunal, ciego, colon sigmoide y los pliegues peritoneales del mesenterio y del mesocolon sigmoide. El **colon transverso** forma parte del límite superior del espacio, pero puede considerarse formando parte de su contenido.

El colon ascendente y el descendente son órganos retroperitoneales secundarios y se han considerado con este espacio.

Colon transverso

El colon transverso está unido al peritoneo parietal posterior por el **mesocolon transverso**. Es un pliegue transversal amplio, formado por una lámina superior y una lámina inferior. El pliegue tiene un *borde parietal* de inserción (Fig. 22-11), y un *borde cólico* donde las láminas se continúan para envolver el colon transverso. La inserción del borde parietal dibuja la denominada **línea mesocólica**. Esta línea, casi transversal, pasa por delante de la segunda porción del duodeno y la cabeza del páncreas por encima del ángulo duodenoyeyunal, y sigue el borde inferior del páncreas hasta el ángulo izquierdo del colon, donde se continúa con el ligamento frenocólico.

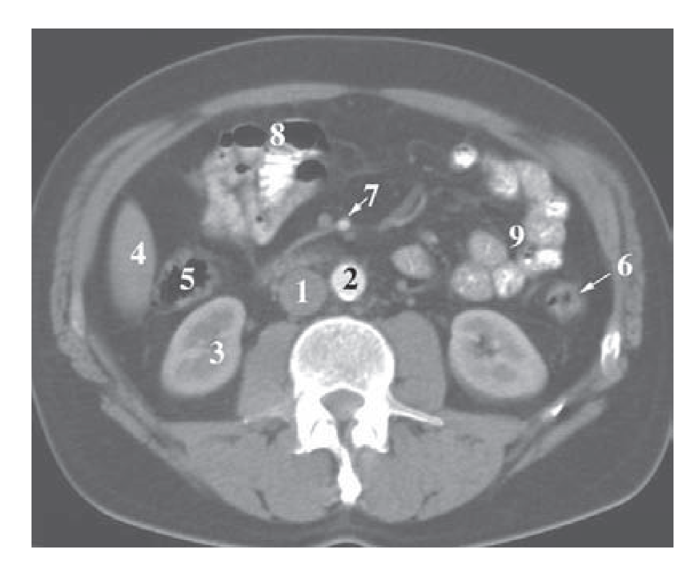


Figura 22-19. TC de la cavidad abdominal. 1) vena cava inferior; 2) aorta abdominal; 3) riñón derecho; 4) hígado; 5) colon descendente; 6) colon ascendente; 7) vasos mesentéricos superiores; 8) colon transverso; 9) asas intestinales.

En su espesor se encuentra la anastomosis entre las arterias cólicas derecha, media e izquierda, un arco venoso de unión de las venas mesentéricas y numerosos ganglios linfáticos paracólicos.

Relaciones del colon transverso

Superiormente: hígado y curvatura mayor del estómago hasta el bazo.

Inferiormente: las asas intestinales.

Anteriormente: el omento mayor y la pared abdominal anterior.

Posteriormente: las formaciones retroperitoneales situadas por debajo de la línea mesocólica (muy variable debido a la gran movilidad de este órgano): cara anterior del rinón derecho, cabeza del páncreas, tercera y cuarta porción del duodeno, cara anterior del riñon izquierdo.

Yeyuno e íleon

Las asas intestinales están revestidas de peritoneo visceral y unidas al peritoneo parietal posterior por el mesenterio.

El **mesenterio** es un pliegue muy extenso y plegado que se acomoda a la disposición de las asas intestinales. Su borde parietal de inserción (**raíz del mesenterio**) (Fig. 22-11) es relativamente corta, pero su borde intestinal que envuelve las asas intestinales es tan extenso como el propio yeyuno e íleon.

La raíz del mesenterio dibuja una línea oblicua de arriba abajo y de izquierda a derecha entre el ángulo duodenoyeyunal y la fosa ilíaca derecha. En su trayecto cruza por delante del gancho del páncreas, la tercera porción del duodeno, la vena cava inferior, el uréter derecho y los vasos gonadales, sigue luego la vertiente derecha de los vasos ilíacos comunes y termina a nivel del ángulo ileocecal, punto donde las dos láminas del pliegue envuelven el ciego.

La disposición oblicua del mesenterio divide al espacio inframesocólico en los espacios inframesocólicos derecho e izquierdo. El **espacio inframesocólico derecho** ocupa una posición derecha y superior, y el **espacio inframesocólico izquierdo** se dispone en la parte izquierda e inferior.

La raíz del mesenterio contiene los vasos mesentéricos superiores, los vasos ileocólicos y los ganglios linfáticos correspondientes. En el espesor del mesenterio se encuentran las arterias y venas intestinales y los numerosísimos ganglios linfáticos mesentéricos.

Relaciones de las asas intestinales

Superiormente: colon transverso y mesocolon transverso.

Inferiormente: colon sigmoide y las vísceras pélvicas a través del peritoneo parietal inferior.

Anteriormente: omento mayor y pared abdominal anterolateral.

Posteriormente: todas las estructuras retroperitoneales situadas por debajo de la línea mesocólica. Del retroperitoneo primario: aorta abdominal, vena cava inferior, ganglios linfáticos lumbares, polos inferiores de los riñones, uréteres y vasos gonadales. Del retroperitoneo secundario: mitad inferior de la segunda porción del duodeno, tercera y cuarta porción del duodeno, parte inferior de la cabeza del páncreas.

En el lado derecho: el ciego y el colon ascendente.

En el lado izquierdo: el colon descendente y la pared abdominal. Normalmente, las asas intestinales desbordan por delante al colon descendente.

Ciego y apéndice vermiforme

El ciego es intraperitoneal en la mayor parte de los casos (en ocasiones puede ser retroperitoneal o tener un meso que lo une por detrás al peritoneo parietal). Se dispone de forma libre y parece flotar en la fosa ilíaca derecha.

El peritoneo que envuelve al ciego y al apéndice vermiforme es continuación de las dos láminas del mesenterio. El pliegue que une el apéndice es el **mesoapéndice**, por donde camina la arteria apendicular. En numerosas ocasiones, el peritoneo no rodea completamente el ciego, sino que lateral y medialmente se fija en el peritoneo parietal de la fosa ilíaca determinando la formación de un divertículo peritoneal por detrás del ciego (**receso retrocecal**) que puede prolongarse un poco por detrás del colon ascendente. En este receso retrocecal se sitúa frecuentemente el apéndice vermiforme.

Relaciones del ciego

Anteriormente: peritoneo parietal anterior y pared abdominal. Debe recordarse que entre los músculos anchos del abdomen discurren los nervios ilioinguinal e iliohipogástrico.

Posteriormente: a través del peritoneo parietal posterior el ciego se relaciona con los vasos ilíacos comunes y externos, el uréter, los vasos gonadales, el músculo psoasilíaco y algunas ramas del plexo lumbar como los nervios femoral, genitofemoral y cutáneo femoral lateral.

Colon sigmoide

El peritoneo visceral que rodea el colon sigmoide se une al peritoneo parietal mediante el **mesocolon sigmoide** (Fig. 22-11). Es un pliegue de tamaño muy variable; en ocasiones muy raras puede no existir, y el colon sigmoide adopta una posición retroperitoneal. El borde parietal o raíz del meso adopta una forma de «V» invertida, con un segmento oblicuo y otro vertical que se unen a nivel de la bifurcación de la aorta. El *segmento oblicuo* sigue por fuera de los vasos ilíacos externos y comunes hasta la bifurcación de la aorta y salta por delante del uréter y los vasos gonadales. El *segmento vertical* desciende por delante del sacro desde la bifurcación aórtica hasta el recto. A nivel de la confluencia de los dos segmentos, se forma entre la raíz del pliegue y el peritoneo parietal el **receso intersigmoideo**. Este receso asciende a la izquierda de la aorta y tiene una longitud muy variable, y, en ocasiones, puede llegar hasta el duodeno.

En el interior del mesocolon sigmoide se encuentran las arterias y venas sigmoideas y numerosos ganglios linfáticos.

Relaciones del colon sigmoide

El colon sigmoide tiene, generalmente, gran movilidad, lo que determina una gran variabilidad de sus relaciones topográficas. El colon sigmoide cruza por delante de los vasos ilíacos externos. Tiene *inferiormente* la vejiga y el recto en el varón, y la vejiga, el útero y el recto en la mujer; tiende a ocupar el fondo de saco rectovesical o el fondo de saco rectouterino, respectivamente. *Superiormente* se disponen las asas intestinales.

Ángulo duodenoyeyunal

El **ángulo duodenoyeyunal** está formado por la unión de la porción ascendente del duodeno (que es fija y retroperitoneal) con el primer asa intestinal (que es móvil y envuelta en mesenterio). En esta zona, la raíz del mesenterio se continúa con el peritoneo parietal posterior y es el lugar donde el intestino delgado pasa de ser retroperitoneal a intraperitoneal. A este nivel, es frecuente observar algunos pliegues peritoneales que determinan la formación de divertículos en relación con la cuarta porción del duodeno (**receso duodenal superior, receso duodenal inferior, receso paraduodenal** y **receso retroduodenal**). Un asa intestinal puede penetrar en uno de estos recesos y provocar una obstrucción intestinal por estrangulamiento.

Relaciones del ángulo duodenoyeyunal

Por arriba: la raíz del mesocolon transverso y el borde inferior del páncreas.

Por abajo: las asas intestinales.

Por delante: el colon transverso.

Por detrás: la aorta abdominal y el pedículo renal izquierdo.

A la izquierda: la vena mesentérica inferior que levanta el pliegue peritoneal duodenal superior.

A la derecha: la entrada de los vasos mesentéricos superiores en la raíz del mesenterio.

ESPACIO INFRAPERITONEAL

El **espacio infraperitoneal** (**pelvis visceral**) es la parte de la cavidad abdominopélvica situada en la pelvis menor. Está comprendido entre el peritoneo parietal inferior por arriba y el suelo de la pelvis por abajo.

Contiene las vísceras pélvicas y los vasos y nervios que llegan a ellas. Las vísceras se sitúan en el centro, en el compartimiento visceral, y hacen relieve en la cavidad peritoneal a través del peritoneo parietal inferior. A los lados del compartimiento visceral quedan los espacios vasculonerviosos llenos de tejido conectivo. En razón de las diferencias sexuales, describiremos separadamente la organización topográfica de la pelvis masculina y de la femenina.

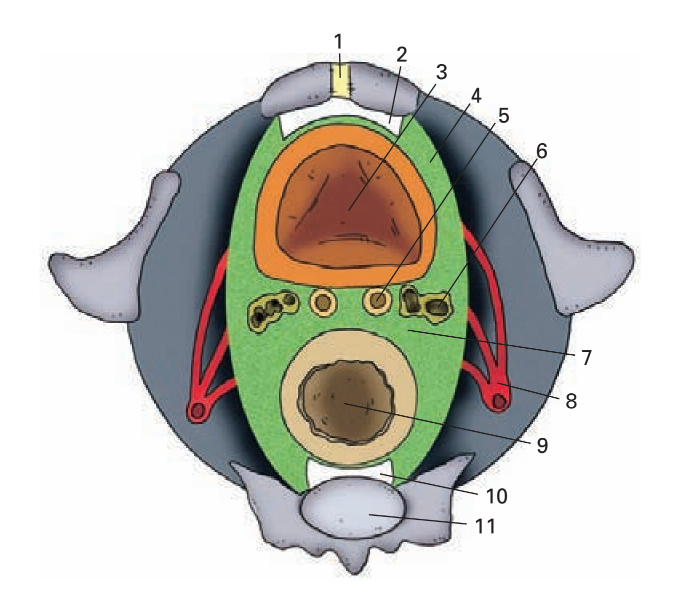


Figura 22-20. Corte transversal esquemático de la pelvis masculina para mostrar la organización del espacio infraperitoneal, visión superior. 1) Sínfisis del pubis; 2) espacio retropúbico; 3) vejiga de la orina; 4) fascia pelviana visceral (fascia sacropúbica); 5) Ampolla del conducto deferente; 6) Vesícula seminal; 7) Tabique rectovesical (fascia rectoprostática); 8) arteria ilíaca interna en el espacio vasculonervioso; 9) recto; 10) espacio retrorrectal; 11) sacro.

Pelvis masculina

Contenido

Vejiga de la orina, porción terminal del uréter, recto, próstata, vesículas seminales y porción intrapélvica del conducto deferente.

Analizaremos primero el comportamiento del peritoneo, luego la organización del espacio, y finalmente, las relaciones de las vísceras.

El **peritoneo** que recubre la pared abdominal anterior se dirige hacia atrás para revestir la cara superior de la vejiga de la orina y luego desciende un poco por detrás de la vejiga formando un fondo de saco entre ésta y el recto (**fondo de saco rectovesical**, o *fondo de saco de Douglas*). Finalmente, asciende tapizando la cara anterior del recto para continuarse con el peritoneo parietal posterior. El fondo de saco rectovesical es el punto más declive de la cavidad peritoneal. Hacia los lados, el peritoneo parietal inferior se continúa con el que tapiza las paredes del abdomen; a los lados de la vejiga, entre ésta y el conducto deferente, se deprime un poco formando la **fosa paravesical**.

Organización del espacio infraperitoneal

(Figs. 22-20 y 22-21)

Entre el peritoneo y el suelo de la pelvis se forman tres espacios: uno central que contiene las vísceras, y dos laterales de naturaleza vasculonerviosa (espacios pelviviscerales).

Los *espacios pelviviscerales* se forman porque el peritoneo parietal inferior, a los lados de las vísceras, no llega a contactar con el suelo de la pelvis. Están ocupados por un magma de tejido conectivo en continuidad con el tejido retroperitoneal. Este tejido conectivo infraperitoneal no es uniforme; en los límites del espacio se condensa para formar la **fascia pelviana**.

Aunque la fascia pelviana es un todo continuo, se suelen distinguir en ella dos partes: parietal y visceral.

La **fascia pelviana parietal** (**fascia endopelviana**) reviste las paredes y el suelo de la pelvis. A nivel del músculo obturador interno se denomina **fascia obturatriz**; hacia atrás recubre el músculo piramidal y el plexo sacro. La porción que recubre la cara superior del músculo elevador del ano constituye la **fascia superior del diafragma pélvico**.

La **fascia pelviana visceral** recubre las superficies laterales de las vísceras pélvicas desde el sacro hasta el pubis (*fascia sacropúbica* o *fascia sacrorrectogenitovesicopubiana*). Se puede considerar como dos tabiques conectivos verticales, infiltrados de vasos, nervios y fibra lisa, orientados en sentido anteroposterior. Por arriba, la fascia visceral se pierde en el tejido subperitoneal que reviste las vísceras; por abajo, se adhiere a la fascia parietal a nivel de la hendidura de los elevadores. La unión entre las dos fascias por delante de la vejiga forma el **ligamento puboprostático**, un tracto conectivo infiltrado de músculo liso que se extiende desde el pubis al cuello vesical y a la próstata.

La fascia pelviana visceral tiene más entidad a los lados del recto y de la próstata, donde contribuye a formar la celda prostática.

De acuerdo con esta disposición, el espacio infraperitoneal se divide en tres compartimientos: uno central (**espacio visceral pélvico**) enmarcado entre los tabiques de la fascia sacropúbica y dos laterales (**espacios vasculonerviosos**).

Los **espacios vasculonerviosos** (*espacio pelvirrectal superior*) están comprendidos entre el peritoneo parietal por arriba, la fascia pelviana parietal por abajo y a los lados, y la fascia pelviana visceral medialmente. Además de los va-

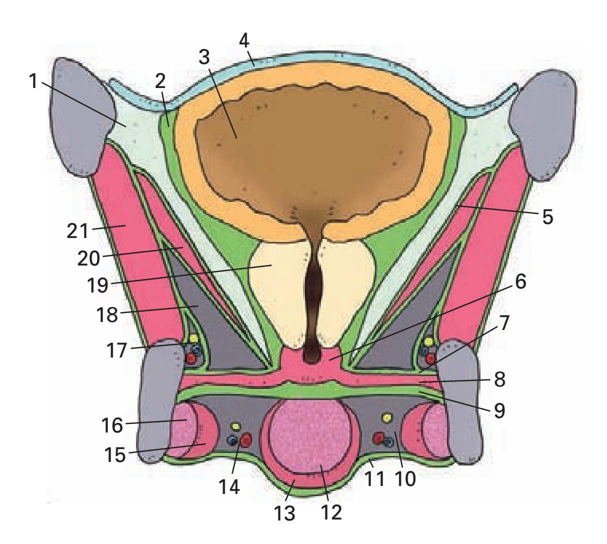


Figura 22-21. Corte frontal esquemático de la pelvis masculina y del suelo de la pelvis. 1) Espacio vasculonervioso (espacio pelvirrectal superior); 2) fascia pelviana visceral (fascia sacropúbica); 3) vejiga de la orina; 4) peritoneo parietal inferior; 5) fascia superior del diafragma pélvico; 6) músculo esfínter de la uretra; 7) fascia superior del diafragma urogenital; 8) músculo transverso profundo; 9) membrana perineal; 10) espacio perineal superficial; 11) fascia perineal superficial; 12) cuerpo esponjoso; 13) músculo bulboesponjoso; 14) vasos y nervios perineales; 15) músculo isquiocavernoso; 16) cuerpo cavernoso; 17) conducto pudendo (nervio pudendo, arteria y vena pudenda interna); 18) prolongación anterior de la fosa isquioanal; 19) próstata; 20) músculo elevador del ano; 21) músculo obturador interno.

sos y los nervios para las vísceras de la pelvis, contiene el conducto deferente y la terminación del uréter.

El **espacio visceral pélvico**, enmarcado entre las fascias sacropúbicas, presenta un tabique conectivo vertical de disposición frontal entre el recto por detrás y la vejiga y la próstata por delante (**tabique rectovesical** o **fascia rectoprostática**). Este tabique se extiende desde el *fondo de saco de Douglas* hasta el suelo de la pelvis; es grueso y encierra en su espesor las vesículas seminales y las ampollas del deferente. La presencia del tabique rectoprostático divide el espacio visceral en tres compartimientos: anterior, medio y posterior. El *compartimiento anterior* contiene la vejiga y la próstata; el *compartimiento medio* está en el espesor del propio tabique y contiene las vesículas seminales y las ampollas del deferente; el *compartimiento posterior* contiene el recto. Entre el compartimiento anterior y el pubis se forma el estrecho **espacio retropúbico**, y entre el recto y el sacro, el *espacio retrorrectal*.

Relaciones de las vísceras pélvicas

(Figs. 22-21 y 22-22)

Teniendo en consideración la organización del espacio pélvico que se ha descrito, se pueden establecer tres reglas generales sobre las relaciones de las vísceras de la pelvis. Las caras laterales de cualquier víscera pélvica se ponen en relación, a través de la fascia visceral y de craneal a caudal, con los espacios vasculonerviosos, el músculo elevador del ano y la fosa isquiorrectal.

Por arriba, las vísceras entran en relación con la cavidad peritoneal, las asas intestinales y el colon sigmoide.

Las relaciones por delante y por detrás de las diferentes vísceras son dependientes del compartimiento que ocupan.

Vejiga de la orina

La vejiga de la orina ocupa el compartimiento anterior.

Las *caras inferolaterales* se relacionan hacia delante con el espacio retropúbico, el pubis y la parte inferior del recto del abdomen y hacia atrás con la arteria umbilical, el conducto deferente (porción laterovesical), el músculo obturador interno, el nervio obturador y los vasos obturatrices, y el músculo elevador del ano.

El espacio retropúbico está ocupado por tejido conectivo laxo que permite la dilatación de la vejiga de la orina. Se extiende hasta el ombligo. El límite anterior lo forman el pubis, la fascia pelviana parietal y la parte inferior de la pared abdominal recubierta por la fascia transversal. El límite posterior corresponde a la vejiga y el uraco tapizados por una delgada condensación de tejido conectivo denominada fascia umbilicoprevesical. Esta fascia se extiende desde el ombligo, donde es muy estrecha, hasta la fascia pelviana, donde se ensancha.

La *cara superior* está cubierta por el peritoneo parietal inferior. A su través se relaciona con las asas intestinales y el colon sigmoide.

La *base* o *cara posteroinferior* se relaciona por arriba con el fondo de saco rectovesical y por abajo con las vesículas seminales, las ampollas de los conductos deferentes y la terminación de los uréteres. Entre los dos conductos deferentes se forma un espacio triangular a través del cual la vejiga se relaciona directamente con el recto. La relación con estos órganos se establece a través del tabique rectovesical. Este tabique y la pared vesical están infiltradas por el plexo venoso vesical.

El *cuello* de la vejiga se sitúa por encima de la base de la próstata, a la que se adhiere fuertemente por tejido conectivo y una densa trama venosa.

Próstata

La próstata ocupa la parte caudal del compartimiento anterior, donde está encerrada en una celda fibrovascular (*celda prostática*), cuyas paredes, dependencia de la fascia pelviana visceral, se adhieren íntimamente al tejido glandular y se hallan infiltradas por el denso plexo venoso prostático.

Por delante, la próstata se relaciona con la sínfisis del pubis, de la que está separada por un espacio conectivo ocupado por la parte anterior del plexo prostático.

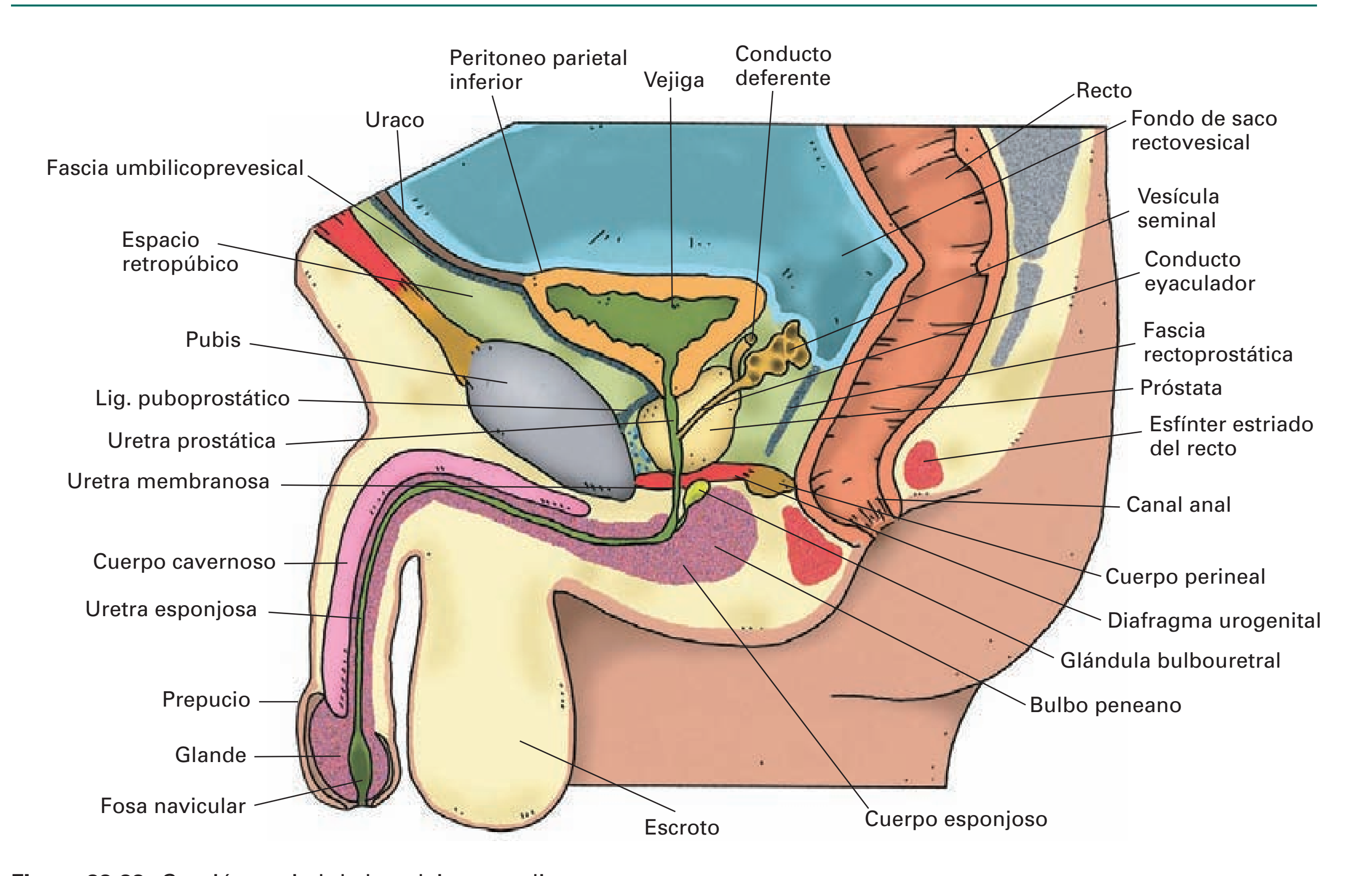


Figura 22-22. Sección sagital de la pelvis masculina.

Por detrás, la próstata se relaciona con el recto a través del tabique rectovesical.

A los lados, la próstata está cubierta por la fascia prostática (porción de la fascia pelviana visceral que recubre la glándula) y, a su través, se relaciona con el músculo elevador del ano y la prolongación anterior de la fosa isquiorrectal.

Por abajo, la próstata se apoya sobre el diafragma urogenital del suelo de la pelvis.

Por arriba, la base de la próstata se divide en dos sectores. El sector anterior se adhiere fuertemente al cuello de la vejiga y a la región del trígono vesical. La porción de la próstata en contacto con el trígono es el lóbulo medio. El sector posterior, más estrecho, se relaciona con la porción caudal de las vesículas seminales y de las ampollas del deferente, que se juntan para formar el conducto eyaculador.

Vesículas seminales

Ocupan el compartimiento medio, en el espesor del tabique rectovesical.

Las relaciones son las siguientes: *por delante*, la base de la vejiga de la orina; *por arriba*, el fondo de saco rectovesical; *por detrás*, el recto; *por abajo*, la base de la próstata; *por dentro* (medialmente), el conducto deferente; *por fuera* (a los lados), la fascia pelviana visceral. Las vesículas seminales están rodeadas de las venas de los plexos vesical y prostático.

Recto

Debido al comportamiento del peritoneo con la porción pelviana del recto (véase Recto), la parte más craneal de éste es realmente retroperitoneal y la caudal, infraperitoneal. Sin embargo, a efectos prácticos de relaciones topográficas, consideramos a todo el recto dentro de este espacio que estamos estudiando. El conducto anal atraviesa el periné y pertenece al suelo de la pelvis.

Por detrás se encuentran el sacro, el cóccix, el músculo piramidal, el plexo sacro, el plexo pudendo, el plexo coccígeo, los vasos glúteos superiores e inferiores, los vasos sacros medios y laterales, la cadena simpática sacra, los nervios esplácnicos pelvianos y los nervios hipogástricos. La fascia pelviana parietal recubre todas estas estructuras, que la perforan en múltiples puntos, bien para llegar al recto, bien para salir de la pelvis.

Por delante hay que distinguir dos porciones. La parte craneal entra en relación con el fondo de saco de Douglas y, a su través, con las asas intestinales y la vejiga de la orina. La parte caudal entra en relación muy directa, mediante el tabique rectovesical, con las vesículas seminales, las ampollas del deferente, la base de la vejiga y, más inferiormente y de forma muy importante, con la próstata.

A los lados deben distinguirse, también dos porciones. En la parte craneal, el recto entra en relación con las por-

ciones laterales del fondo de saco de Douglas y, mediante éste, con las asas intestinales y el colon sigmoide. Si el recto se distiende mucho, contacta con las paredes de la pelvis. En la parte caudal, el recto está tapizado por la parte posterior de la fascia pelviana visceral, en cuyo espesor se encuentra el plexo hipogástrico inferior. Mediante la fascia, el recto entra en relación con el espacio pelvirrectal superior, el elevador del ano y la fosa isquiorrectal. Por el espacio pelvirrectal superior discurren los vasos ilíacos internos y sus ramas, las rectales medias.

Pelvis femenina (Fig. 22-23)

Contenido

Vejiga de la orina, útero, vagina, trompa uterina, recto. El ovario es un órgano pelviano, pero al no estar revestido de peritoneo no puede ser considerado dentro de los órganos infraperitoneales. El **ovario**, recordemos, es un **órgano intracavitario** cuya superficie se abre a la cavidad peritoneal.

Las circunstancias particulares de la cavidad pelviana en la mujer están determinadas por la presencia del útero y las trompas uterinas. El peritoneo, al tener que revestir estos órganos, forma una especie de tabique frontal entre la vejiga y el recto.

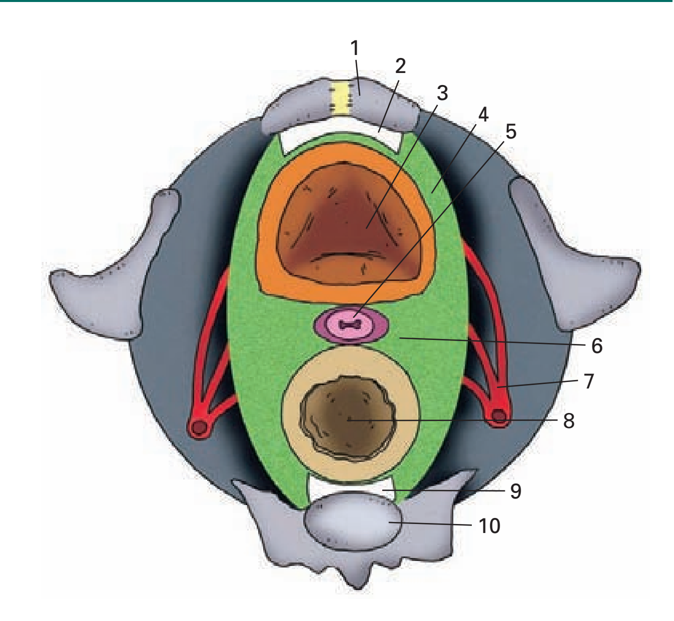


Figura 22-23. Corte transversal esquemático de la pelvis femenina para mostrar la organización del espacio infraperitoneal, visión superior. 1) Sínfisis del pubis; 2) espacio retropúbico; 3) vejiga de la orina; 4) fascia pelviana visceral (fascia sacropúbica); 5) cuello uterino y cúpula vaginal; 6) tabique rectovaginal (fascia rectovaginal); 7) arteria ilíaca interna en el espacio vasculonervioso; 8) recto; 9) espacio retrorrectal; 10) sacro.

Comportamiento del peritoneo parietal inferior (Fig. 22-24)

En un corte sagital se observa que el peritoneo abdominal alcanza la vejiga y la recubre por encima. Al seguir hacia atrás encuentra el útero, al cual tapiza por su cara anterior, fondo y cara posterior hasta alcanzar la cúpula vaginal. Finalmente, se refleja hacia arriba recubriendo la cara anterior del recto y continuándose con el peritoneo parietal posterior. Debido a la prominencia del útero hacia la cavidad peritoneal, se forman dos importantes fondos de saco. Entre la vejiga y el útero se encuentra el **fondo de saco vesicouterino**. La otra excavación, más profunda, es el **fondo de saco rectouterino** (*fondo de saco de Douglas*).

El fondo de saco rectouterino se delimita ventralmente por la cara posterior del útero y la cúpula vaginal; dorsalmente, por la cara anterior del recto; a los lados, el peritoneo es levantado por los ligamentos úterosacros (**pliegues rectouterinos**). Estos pliegues dividen el fondo de saco rectouterino en una parte superior, ancha, y otra inferior, estrecha, en relación con la cúpula vaginal.

Ligamento ancho (Figs. 12-1; 12-7; 22-24)

A los lados del útero, entre éste y la pared de la pelvis, se extiende un pliegue peritoneal denominado **ligamento ancho**, en cuyo interior se encuentra el tejido conectivo parametrial. Forma una especie de tabique vertical levantado en realidad por la disposición de las trompas uterinas. El útero, las trompas uterinas y los dos ligamentos anchos ofrecen la imagen de un niño (útero) que se cubriera por encima con una sábana (peritoneo) «jugando a los fantasmas» y levantara horizontalmente los brazos (trompas uterinas); la sábana que cuelga desde los brazos sería el ligamento ancho.

El ligamento ancho tiene forma rectangular con una cara anterior y otra posterior, muy inclinadas, como el cuerpo uterino, hacia delante y hacia abajo. El borde superior es libre; el borde inferior o base del ligamento está apoyado sobre el suelo de la pelvis; el borde medial se relaciona con el útero; y el borde lateral lo hace con la pared de la pelvis.

Está constituido por *dos hojas peritoneales*, *anterior* y *posterior*, en cuyo espesor se encuentran el **parametrio** y diversos órganos y estructuras. A nivel del *borde superior* las dos hojas se continúan entre sí tapizando la trompa uterina. A nivel del *borde medial*, las dos hojas se separan para continuarse con el peritoneo que recubre las caras anterior y posterior del útero. A nivel del *borde lateral*, las hojas se separan continuándose hacia arriba, atrás y adelante con el peritoneo parietal que tapìza la pelvis. A nivel de la *base*, las hojas se separan igualmente hacia delante y hacia atrás y se continúan con el peritoneo parietal inferior que recubre el suelo de la pelvis formando el techo del espacio vasculonervioso.

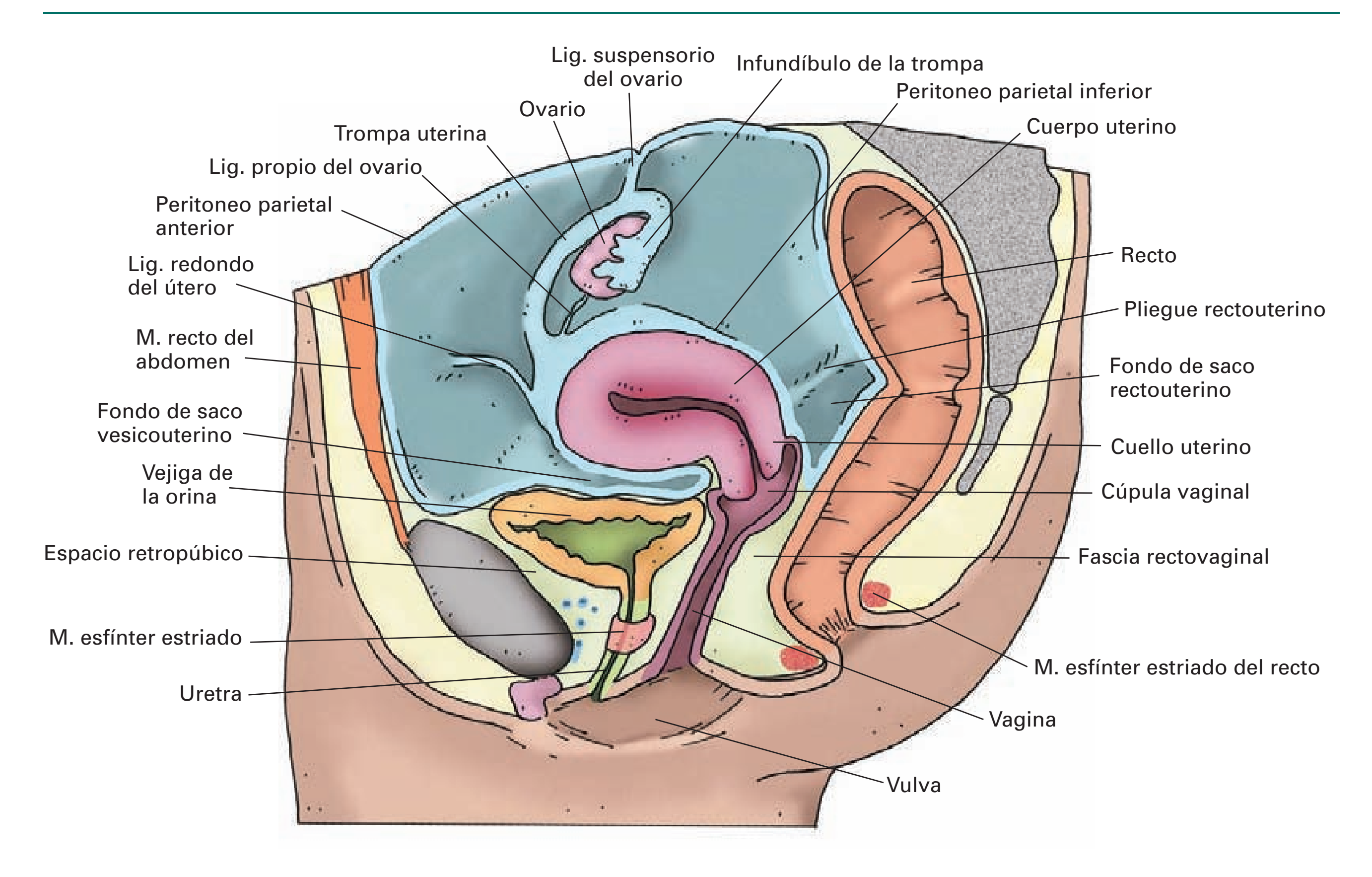


Figura 22-24. Corte sagital de la pelvis femenina.

Contenido del ligamento ancho

En el interior del parametrio se encuentran la trompa uterina, el ligamento redondo, el ligamento propio del ovario, vasos y nervios, fibras musculares lisas y algunos restos embrionarios del conducto mesonéfrico en forma de diminutos tubos atróficos (*epoóforo* y *paraóforo*).

La **trompa uterina** discurre por el borde libre del ligamento ancho formando el relieve de la *aleta superior*. El peritoneo se detiene a nivel del orificio abdominal del infundíbulo, en la zona de las franjas, continúandose con la mucosa. De este modo, el orificio de la trompa uterina está abierto a la cavidad peritoneal.

El **ligamento redondo** es un cordón fibroso que se extiende desde la parte superior y lateral del útero hasta el tejido subcutáneo de los labios mayores (véase Aparato reproductor femenino). Levanta un pliegue en la hoja anterior del ligamento ancho denominado *aleta anterior*.

El **ligamento propio del ovario** (véase Aparato reproductor) se extiende desde la parte lateral y superior del útero hasta el polo inferior del ovario levantando un pliegue en la hoja posterior del ligamento ancho denominado *aleta posterior*.

En el interior del ligamento ancho, como se ha mencionado, hay una importante red arterial y venosa para el útero, trompa y ovario, que hacen del ligamento ancho un auténtico meso. Teniendo en cuenta la disposición de los vasos y del tejido conectivo parametrial que los rodea se puede dividir el ligamento en tres zonas: mesovario, mesosálpinx y mesometrio.

El **mesovario** es un pliegue peritoneal, muy corto, que se extiende hacia atrás desde la hoja posterior del ligamento ancho a buscar el borde anterior del ovario, donde se interrumpe bruscamente y se continúa con el epitelio germinal. Así, el ovario, no está recubierto de peritoneo, sino abierto a la cavidad peritoneal. El mesoovario permite ciertos desplazamientos del ovario.

El **mesosálpinx** es el meso de la trompa uterina; corresponde a la zona parametrial dispuesta por encima del ligamento propio del ovario y el mesoovario. En su interior estan las ramas tubáricas de las arterias y venas uterina y ovárica. Es también la zona donde se pueden encontrar los restos embrionarios del conducto mesonéfrico.

El **mesometrio** es la amplia zona a los lados del útero y por debajo del mesoovario y el ligamento propio. Contiene los vasos uterinos.

Organización del espacio infraperitoneal (Fig. 22-23)

La disposición de las fascias pelviana parietal y visceral de la mujer es semejante a la de la pelvis del varón. La **fascia pelviana visceral** forma dos **tabiques sacropúbicos** que

dividen la pelvis en un espacio pelviano central y dos espacios vasculonerviosos laterales.

El espacio visceral pélvico presenta un tabique conectivo de disposición frontal entre el recto y la vagina (**tabique rectovaginal o fascia rectovaginal**), equivalente al tabique rectovesical del varón, y que, igualmente, se extiende desde el fondo de saco rectouterino hasta el suelo de la pelvis.

El espacio visceral se divide en tres compartimientos: anterior, medio y posterior. El *compartimiento anterior (urinario)* está ocupado por la vejiga y la uretra; el *compartimiento medio (genital)* contiene el útero y la vagina; el *compartimiento posterior* contiene el recto.

Relaciones de las vísceras pélvicas (Fig. 22-24)

Las reglas generales establecidas para la pelvis masculina son igualmente válidas para el caso de la mujer, pero debe tenerse presente que la existencia del ligamento ancho modifica la disposición del espacio vasculonervioso o pelvirrectal superior, ya que éste está en continuidad con el parametrio.

Comentaremos aquellas relaciones viscerales que son singulares de la pelvis femenina.

Vejiga de la orina

La *cara superior*, además de las asas intestinales y el colon sigmoide, entra en relación con el cuerpo del útero y los ligamentos anchos. Entre el útero y la vejiga se interpone el fondo de saco vesicouterino.

Las *caras inferolaterales*, con la vejiga distendida, se relacionan con el ligamento redondo.

Las relaciones de la *base* o *cara posteroinferior* difieren completamente de las del varón. La parte alta de la base se relaciona con el cuello del útero, y, el resto de la base, con la vagina. Esta relación se establece a través de un tejido conectivo más o menos denso. El límite del fondo de saco vesicouterino se encuentra entre la base y la cara superior de la vejiga.

Uretra

Únicamente la porción más superior de la uretra femenina, a continuación del cuello vesical, ocupa el espacio infraperitoneal. El resto de la uretra, la mayor parte, se encuentra en el suelo de la pelvis.

La porción superior, rodeada del esfínter estriado, se sitúa por detrás de la sínfisis del pubis y por delante de la vagina, a la que se adhiere por tejido conectivo. Entre el pubis y la uretra se dispone el plexo venoso periuretral. A los lados, la uretra entra en relación con el borde libre del elevador del ano y la fascia pelviana.

Útero

El *cuerpo uterino* se relaciona, *por delante*, con la vejiga de la orina a través del fondo de saco vesicouterino; *por detrás* con las asas intestinales y el colon sigmoide; *a los lados*, los vasos uterinos discurren, flexuosos y verticales, en el espesor del ligamento ancho.

El *cuello uterino* tiene, como ya sabemos, una porción supravaginal y otra intravaginal. Ambas porciones contraen importantes relaciones topográficas. *Por delante*, el cuello uterino se relaciona con la parte alta de la base vesical; *por detrás*, corresponde al fondo de saco rectouterino y al recto. Las relaciones *a los lados* tienen singular interés. El cuello entra en relación con la base del ligamento ancho y el tejido conectivo del espacio vasculonervioso. Por este tejido discurren el uréter y la arteria uterina, estructuras que se cruzan de modo que la arteria uterina salta por encima y por delante del uréter.

Vagina

La vagina ocupa el compartimento medio de la pelvis, excepto el extremo inferior, que atraviesa el periné (porción perineal).

Por delante se relaciona con la base vesical (zona del trígono) y con la uretra. Se encuentra muy adherida a estas formaciones mediante tejido conectivo denso (tabique uretrovaginal).

Por detrás se relaciona con el fondo de saco rectouterino y el recto. Está separada del recto pelviano por el tabique rectovaginal.

A los lados, la vagina entra en relación con los espacios vasculonerviosos por donde circulan las ramas de los vasos ilíacos, especialmente la arteria vaginal. En el espesor de la fascia pelviana visceral están el plexo nervioso hipogástrico inferior y el plexo venoso vaginal. Más caudalmente, se encuentran el elevador del ano y la prolongación anterior de la fosa isquiorrectal.

Recto

El recto pelviano ocupa el compartimiento posterior. Las relaciones singulares del recto de la mujer con respecto al del varón son las anteriores. El recto se relaciona, en la parte alta, con el fondo de saco rectouterino, y, a su través, con el cuello uterino y la cúpula vaginal; en la parte baja, el recto pelviano se relaciona con la vagina, de la que está separado por el tabique rectovaginal. El recto distendido puede contactar, a los lados, con el ovario.

SUELO DE LA PELVIS

La cavidad pélvica se cierra caudalmente por un conjunto de planos musculares y fasciales que se denomina suelo de la pelvis.

El suelo de la pelvis está formado por un plano profundo, el **diafragma pélvico**, y por unos planos superficiales a éste que constituyen el **periné**. Estas formaciones se han descrito con la cavidad pélvica. Nos interesa ahora su disposición topográfica.

El **diafragma pélvico** es el plano mas profundo; está formado por músculos elevadores del ano y coccígeos, revestidos por fascias. La fascia que los tapiza por encima es la **fascia superior del diafragma pelviano**, que está en continuida≦d con la fascia pelviana lateral. Este diafragma, dispuesto a modo de cuenco, presenta en el centro la **hendidura de los elevadores**, espacio por el que salen la uretra y el recto en el varón, y la uretra, la vagina y el recto en la mujer.

PERINÉ (Fig. 22-21)

Debajo del diafragma pélvico se disponen los planos perineales. Topográficamente, el periné se delimita entre la sínfisis del pubis, las ramas isquiopubianas, los ligamentos sacrotuberosos y el cóccix. Una línea transversal que una entre sí las dos tuberosidades isquiáticas divide el periné en dos partes, periné posterior o anal y periné anterior o urogenital.

El periné posterior está ocupado por el conducto anal y por dos espacios laterales a éste, las fosas isquioanales. Es similar en el varón y en la mujer.

Periné posterior

Está ocupado por el conducto anal y por dos espacios laterales a éste, las fosas isquioanales.

El **conducto anal** se curva hacia atrás, separándose del cuerpo tendíneo. Está completamente rodeado por el esfínter externo del ano. Las relaciones anteriores varían en el varón y en la mujer. En la mujer se relaciona con la vagina, y en el varón lo hace con la uretra membranosa, las glándulas bulbouretrales y el bulbo esponjoso del pene. Debido a la progresiva inclinación hacia atrás del conducto anal, se forma un espacio (*triángulo urorrectal*), que es una vía de acceso a la próstata y a la uretra.

Fosa isquioanal (Fig. 22-25)

Es un espacio graso situado bajo el elevador del ano y a los lados del conducto anal.

La pared lateral es el músculo obturador interno revestido de la fascia obturatriz; la pared superomedial, inclinada, está formada por el elevador del ano y el coccígeo; el límite superior, muy estrecho, lo constituye la inserción del elevador en la fascia obturatriz (arco del elevador); el suelo, amplio, no tiene cierre muscular, sino que está formado por grasa y piel. En la pared lateral, la fascia obturatriz se desdobla y forma el **conducto pudendo** (*conducto de Alcock*), por donde discurren el **nervio pudendo** y la **arteria** y **vena pudenda interna**. Ramos vasculares (rectales inferiores) y el nervio rectal atraviesan la grasa de la fosa para llegar al conducto anal.

La fosa isquioanal se prolonga hacia delante en el periné anterior por encima del diafragma urogenital.

Periné anterior masculino (Fig. 22-21)

Está atravesado por la uretra membranosa y contiene la raíz del pene.

De superficial a profundo se distinguen cuatro planos: plano suprafascial o cutáneo, espacio perineal superficial, espacio perineal profundo y prolongación anterior de la fosa isquioanal.

El *plano suprafascial* contiene finos ramos vasculares y nerviosos perineales superficiales.

El **espacio perineal superficial** se delimita entre la fascia perineal superficial por abajo y la membrana perineal por arriba. Contiene la raíz del pene, a los lados, la raíz de los cuerpos cavernosos y, en medio, el bulbo esponjoso con la uretra esponjosa. Los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso rodean las formaciones eréctiles respectivas. El músculo transverso superficial se dispone en el linde con el periné anal. Ramas de la arteria perineal y del nervio perineal discurren por este espacio en dirección a los genitales.

El **espacio perineal profundo** encierra los músculos del diafragma urogenital (transverso profundo y esfínter de la uretra), la uretra membranosa y las glándulas bulbouretrales. Se delimita entre la membrana perineal por abajo y la fascia superior del diafragma urogenital por arriba. Las arterias y nervios destinados a la uretra y a estos músculos atraviesan el espacio.

Por encima del diafragma urogenital se dispone la **prolongación anterior de la fosa isquioanal** por la que dis-

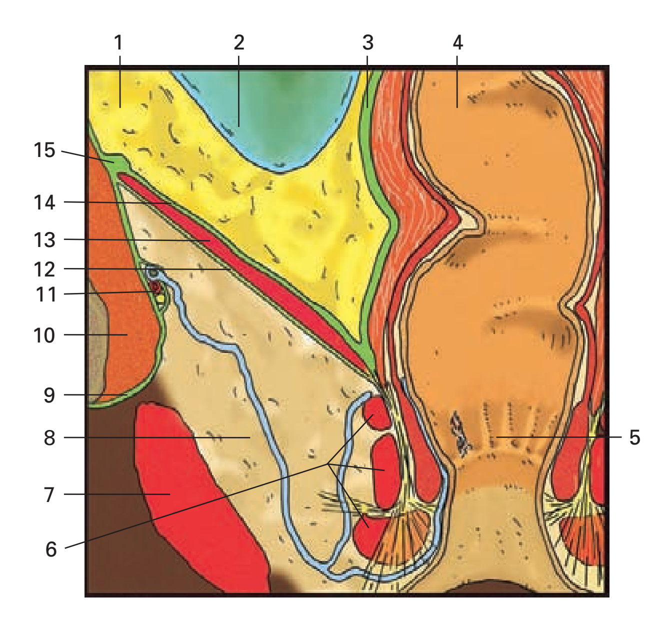


Figura 22-25. Corte frontal esquemático de la fosa isquioanal. 1) Espacio pelvirrectal superior; 2) cavidad peritoneal; 3) fascia pelviana visceral (fascia sacropúbica); 4) recto; 5) canal anal; 6) músculo esfínter externo del ano; 7) músculo glúteo mayor; 8) fosa isquioanal; 9) fascia obturatriz; 10) m. obturador interno; 11) conducto pudendo; 12) fascia inferior del diafragma pélvico; 13) músculo elevador del ano; 14) fascia superior del diafragma pélvico; 15) arco tendinoso del elevador.

curre la terminación del conducto pudendo. Esta prolongación está cerrada superiormente por el músculo elevador del ano.

Periné anterior femenino

El periné anterior de la mujer está organizado de modo análogo al del varón; las diferencias esenciales estriban en la independencia de los dos conductos que atraviesan el periné (la uretra y la vagina) y en el desdoblamiento del bulbo vestibular en torno al orificio vaginal de la vulva.

El *plano suprafascial* está formado en la parte media por la vulva.

El **espacio perineal superficial** delimitado entre la fascia perineal superficial y la membrana perineal contiene los cuerpos cavernosos del clítoris, los bulbos vestibulares y las glándulas vestibulares mayores. Junto a estas formaciones genitales se encuentran los músculos isquiocavernosos, bulboesponjosos, transverso superficial y constrictor de la vulva.

El **espacio perineal profundo** contiene el diafragma urogenital que está atravesado por los orificios de la uretra y de la vagina. Como ya sabemos, los músculos del diafragma urogenital de la mujer difieren algo de los del varón. Está formado, en el centro, por el esfínter de la uretra y, a los lados, por los músculos compresor de la uretra y esfinter uretrovaginal; además, el músculo transverso profundo está sustituido por fibras musculares lisas que impregnan la membrana perineal.

La **prolongación anterior de la fosa isquioanal** tiene la misma organización que la del varón.

CAPÍTULO 23

Topografía de la extremidad superior

HOMBRO	ANTEBRAZO
BRAZO	MUÑECA
CODO	MANO

HOMBRO

El hombro es la zona de unión entre la extremidad superior y el tronco. Está formado por tres regiones topográficas (región deltoidea, región escapular y región axilar) dispuestas en torno a la articulación escapulohumeral.

La **región deltoidea** forma la parte lateral del hombro y corresponde al músculo deltoides, a través del cual se accede fácilmente a la articulación.

La **región escapular** está situada por detrás de la axila, a la que refuerza. Recibe su nombre de la escápula que le sirve de armazón. Corresponde a los elementos musculares y vasculonerviosos de las fosas supraespinosa e infraespinosa.

AXILA (Fig. 23-1)

La **región axilar** o **axila** ha sido considerada en el Capítulo 6 y remitimos allí al lector para el recuerdo de límites y paredes. Mencionaremos aquí, únicamente, la disposición espacial de su contenido.

Contenido de la axila (Figs. 15-94; 15-105; 17-11)

Inmersos en tejido celuloadiposo se encuentra el paquete vascular axilar, el plexo braquial y los ganglios linfáticos axilares.

El *paquete vascular* está formado por la **arteria axilar** y la **vena axilar**. En posición anatómica, los vasos llevan un trayecto oblicuo hacia abajo y hacia fuera desde el vértice a la base, constituyendo el eje de la región. La vena es anterior y medial con respecto a la arteria, y, en las cercanías de la base de la axila, claramente medial.

Las **arterias torácica suprema** y **toracoacromial** se dirigen hacia delante; la **arteria torácica lateral** se dirige hacia abajo y hacia dentro a buscar la pared torácica; la **arteria subescapular** se va hacia atrás; las **arterias circunflejas** se dirigen hacia fuera contorneando el cuello quirúrgico del húmero.

El eje vascular está rodeado por el **plexo braquial**. La porción del plexo que se encuentra en la axila corresponde a los fascículos y al origen de las ramas terminales. Los fascículos penetran muy juntos por el vértice axilar y, una vez en el hueco, el **fascículo lateral** se coloca por fuera de la arteria, el **fascículo posterior** por detrás, y el **fascículo medial** por dentro, entre arteria y vena. En cuanto a las ramas terminales, la disposición es la siguiente: el **nervio musculocutáneo** por fuera de la arteria axilar hasta llegar a perforar el músculo coracobraquial; el **nervio mediano** (fusionado por sus dos raíces de origen) por delante de la arteria; el **nervio radial**, por detrás; los **nervios cubital** y **cutáneo medial del antebrazo** por dentro de la arteria, entre ésta y la vena. El **nervio cutáneo medial del brazo** recibe la unión del **intercostobraquial** y se coloca por debajo de la vena axilar.

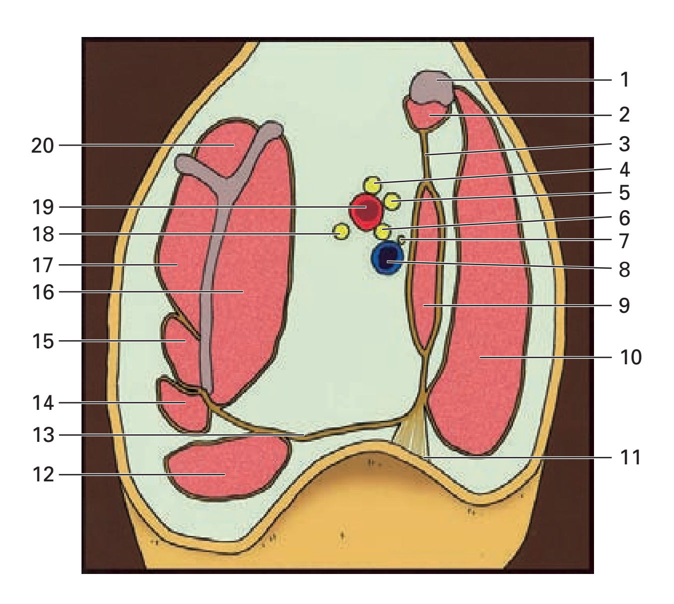


Figura 23-1. Sección sagital esquemática de la cavidad axilar. 1) Clavícula; 2) m. subclavio; 3) fascia clavipectoral; 4) n. musculocutáneo; 5) n. mediano; 6) n. cubital; 7) n. cutáneo medial del antebrazo; 8) vena axilar; 9) m. pectoral menor; 10) m. pectoral mayor; 11) lig. suspensorio de la axila; 12) m. dorsal ancho; 13) fascia axilar; 14) m. redondo mayor; 15) m. redondo menor; 16) m. subescapular; 17) m. infraespinoso; 18) nervio radial; 19) arteria axilar; 20) m. supraespinoso.

Algunas ramas colaterales del plexo se encuentran en la axila. El **nervio axilar** se dirige hacia atrás para salir por el espacio axilar externo, junto al cuello del húmero. El **nervio torácico largo** desciende adosado al músculo serrato anterior. **Los nervios pectorales medial y lateral** se dirigen hacia delante. Los **nervios subescapular** y **toracodorsal** descienden junto a la pared posterior de la axila.

Agrupados entorno al paquete vascular y a algunas de sus ramas colaterales se disponen los cinco grupos de **ganglios linfáticos de la axila**.

BRAZO (Fig. 23-2)

Límites

Superior: los pliegues axilares formados por los bordes inferiores de los músculos pectoral mayor y dorsal ancho.

Inferior: una línea circular que pase a unos 3 cm por encima del pliegue del codo.

La región braquial se organiza entorno al **húmero**. La **fascia braquial** envuelve a los músculos del brazo y emite los **tabiques intermusculares lateral** y **medial** que se fijan en los bordes laterales del húmero. De este modo, el brazo se divide en un compartimiento anterior (región braquial anterior) y otro posterior (región braquial posterior).

REGIÓN BRAQUIAL ANTERIOR

Plano subfascial

Los *músculos* de la región se disponen en dos planos: a) en el *plano superficial* se encuentran el **bíceps** y la parte inferior del *deltoides* (éste únicamente en la parte superior de la región); b) en el *plano profundo* se disponen el **braquial** y, en la parte superior, el **coracobraquial.**

Espacios vasculonerviosos (Figs. 15-96; 17-15 y 17-16)

a) Entre los músculos braquial y bíceps se forma un espacio conectivo por donde se desliza el **nervio musculocutáneo**.

b) El **canal braquial** es la vía principal de la región. Comunica la axila con el canal bicipital medial de la fosa cubital.

Se delimita: *posteriormente*, por el tabique intermuscular medial y el músculo braquial; *medialmente*, por la fascia braquial y los tejidos superficiales; *anteriormente*, por el borde medial del músculo bíceps.

Contiene el *paquete vasculonervioso del brazo* formado por la **arteria braquial**, las dos **venas braquiales** y el **ner-**

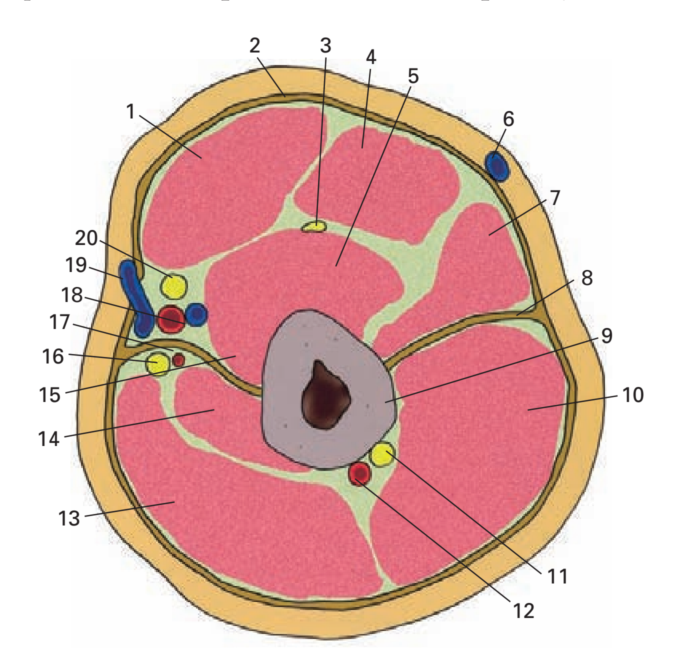


Figura 23-2. Corte transversal esquemático del brazo a nivel del tercio medio. 1) Porción corta del bíceps; 2) fascia braquial; 3) nervio musculocutáneo; 4) porción larga del bíceps; 5) m. braquial; 6) vena cefálica; 7) m. deltoides; 8) tabique intermuscular lateral; 9) húmero; 10) cabeza lateral del tríceps; 11) nervio radial; 12) arteria braquial profunda; 13) cabeza larga del tríceps; 14) cabeza medial del tríceps; 15) tabique intermuscular medial; 16) nervio cubital; 17) arteria colateral cubital superior; 18) arteria braquial; 19) vena basílica (en su unión a las venas braquiales); 20) nervio mediano.

vio mediano. El mediano cruza a la arteria, de modo que primero lateral a ella, luego anterior y, finalmente, medial a la misma.

El **nervio cubital** se dispone en el canal braquial medialmente a los vasos braquiales hasta que, enseguida, atraviesa el tabique intermuscular y pasa a la región posterior.

Los **nervios cutáneo medial del brazo** y **cutáneo medial del antebrazo** descienden en el canal braquial hasta que perforan la fascia y se hacen superficiales.

Plano suprafascial o superficial

La **vena cefálica** asciende por el surco bicipital lateral y la **vena basílica** lo hace por el surco bicipital medial hasta la parte media del brazo, punto en que, generalmente, perfora la fascia y se une a las venas braquiales; puede seguir independiente hasta la vena axilar por el canal braquial.

Los **nervios cutáneo inferior del brazo** (radial), **cutáneo superior lateral del brazo** (axilar), **cutáneo medial del brazo** y **cutáneo medial del antebrazo** dan ramas que se distribuyen por la piel de la región. El nervio cutáneo medial del antebrazo perfora la fascia junto a la vena basílica.

REGIÓN BRAQUIAL POSTERIOR

Plano subfascial (Fig. 17-22)

Está ocupado principalmente por las tres porciones del **músculo tríceps braquial** y dos paquetes vasculonerviosos, uno dorsal y otro medial con respecto al húmero.

a) el *paquete vasculonervioso del canal de torsión* desciende entre el canal radial del húmero por delante y las cabezas larga y lateral del tríceps por detrás. Está formado por el **nervio radial** y la **arteria braquial profunda**.

b) el *paquete vasculonervioso medial* desciende entre el tabique intermuscular medial por delante y la cabeza medial del tríceps por detrás. Está formado por el **nervio cubital** y la **arteria colateral cubital superior**. El tabique intermuscular es la única separación con el paquete vasculonervioso del canal braquial.

Plano suprafascial o superficial

Por el tejido celular subcutáneo discurren ramas de los **nervios cutáneo superior lateral del brazo** (axilar) y **cutáneo posterior del brazo** (radial).

CODO (Fig. 23-3)

Límites

Superior: una línea circular a unos 3 cm por encima del pliegue del codo

Inferior: una línea circular a unos 3 cm por debajo del pliegue del codo.

La región se organiza entorno a la **articulación del codo**, la cual la divide en dos compartimientos, uno anterior (**fosa cubital**) y otro posterior (**región posterior del codo**).

FOSA CUBITAL

La **fosa cubital** o *región del pliegue del codo*, está constituida por dos depresiones que dibujan una «V», los **surcos bicipitales lateral** y **medial** , los cuales se delimitan entre tres relieves. El relieve medial, que separa los surcos, lo forman el **tendón del bíceps** y la **terminación del braquial**; el relieve lateral está constituido por el origen de los **músculos epicondíleos laterales**; el relieve medial lo determina el origen de los **músculos epicondíleos mediales**.

La fascia es continuidad entre las fascias del brazo y del antebrazo. Da inserción a los músculos epicondíleos y está reforzada a nivel del surco bicipital medial por la aponeurosis bicipital.

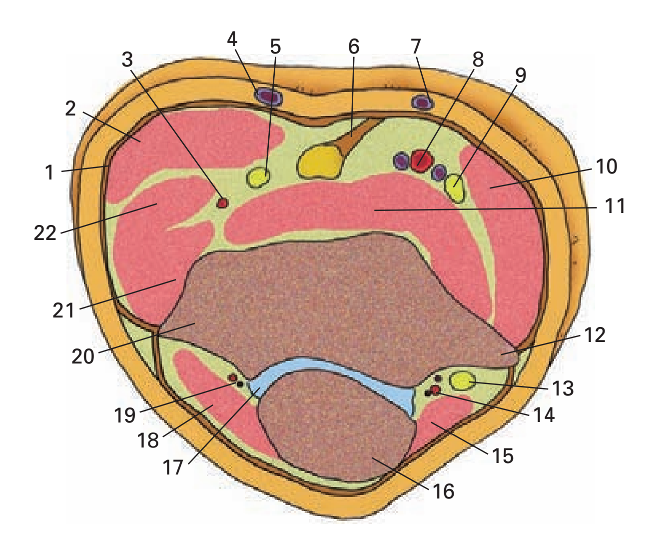


Figura 23-3. Corte transversal esquemático del codo, visión distal. 1) Fascia; 2) m. braquiorradial; 3) arteria recurrente radial; 4) vena cefálica; 5) nervio radial; 6) tendón del bíceps braquial; 7) vena basílica; 8) arteria braquial; 9) nervio mediano; 10) m. pronador redondo; 11) m. braquial; 12) epicóndilo medial; 13) nervio cubital; 14) ramo posterior de la arteria recurrente cubital; 15) m. flexor cubital del carpo; 16) olécranon; 17) articulación del codo; 18) m. ancóneo; 19) arteria interósea recurrente; 20) epicóndilo lateral; 21) m. extensor radial largo del carpo; 22) m. extensor radial corto del carpo.

Plano subfascial (Figs. 6-26; 17-14)

Los surcos de la superficie de la fosa cubital se corresponden con los canales bicipitales lateral y medial (Fig. 6-26).

Canal bicipital medial

Límites: lateralmente, el tendón del bíceps braquial; *medialmente*, los músculos epicondíleos mediales (especialmente el pronador redondo, el flexor radial del carpo y el flexor superficial de los dedos); *posteriormente*, el músculo braquial; *anteriormente*, la fascia reforzada por la aponeurosis braquial.

Contenido

La terminación de la **arteria braquial** que se divide en **arterias radial** y **cubital**. La arteria cubital pasa al antebrazo bajo el arco del flexor superficial de los dedos, y la arteria radial lo hace cubierta por el músculo braquiorradial. La arteria cubital emite la **arteria recurrente cubital** que asciende en el fondo del canal y la **arteria interósea común**. Dos venas acompañan a todas estas arterias.

El **nervio mediano** se sitúa medialmente a la arteria cubital y abandona el codo entre los dos fascículos del músculo pronador redondo.

Canal bicipital lateral

Límites: medialmente, el tendón del bíceps; *posteriormente*, los músculos braquial y supinador; *anteriormente*, la fascia; *lateralmente*, los músculos braquiorradial y los extensores radiales de los dedos.

Contenido

El **nervio radial** perfora el tabique intermuscular lateral y se coloca en el fondo del canal bicipital, dando ramas para los músculos epicondíleos. Hacia la parte media da las ramas superficial y profunda. La **rama superficial** desciende cubierta por el músculo braquirradial, y la **rama profunda** atraviesa el músculo supinador.

El **nervio musculocutáneo** aparece entre el bíceps y el braquial, desciende muy superficial y atraviesa la fascia para hacerse subcutáneo.

En la parte más profunda del canal discurre el asa vascular formada por la anastomosis entre las **arterias colateral radial** y la **recurrente radial**.

Planos superficiales

En el tejido celular subcutáneo encontramos la «M» venosa superficial de unión entre las venas cefálica y basílica. Lo más frecuente es encontrar en el surco bicipital medial las **venas basílica** y **mediana basílica**, y en el surco bicipital lateral las **venas cefálica** y **mediana cefálica**. Junto a la vena basílica desciende el **nervio cutáneo medial del antebrazo**, y el **nervio musculocutáneo** se hace superficial en las proximidades de la vena mediana cefálica.

REGIÓN POSTERIOR DEL CODO

La morfología de esta región está muy marcada en la superficie por los relieves del olécranon y de los epicóndilos medial y lateral a los que se adhiere fuertemente la fascia.

Plano subfascial (Fig. 17-20)

En el centro se encuentra el **olécranon** y el **tendón del tríceps**. Entre el tendón y el olécranon puede existir una **bolsa serosa subtendinosa del tríceps**, y otra en el espesor del tendón (**bolsa serosa intratendinosa del olécranon**). Lateralmente al olécranon, el **epicóndilo lateral** y el **músculo ancóneo**. Lo más relevante de la región desde el punto de vista topográfico es el *canal epitrócleo-olecraniano*, surco formado por detrás del **epicóndilo medial** y cerrado posteriormente por la fascia. El canal se continúa distalmente entre los fascículos de origen del **músculo flexor cubital del carpo**. Por este canal pasa el **nervio cubital** en compañía del asa vascular formada por la unión de las **arterias recurrente cubital** y **colateral cubital superior**.

Plano superficial

Es frecuente encontrar una bolsa serosa por detrás del olécranon (**bolsa subcutánea del olécranon**).

ANTEBRAZO (Fig. 23-4)

Límites

Superior: un plano horizontal que pase a unos 3 cm por debajo del pliegue del codo.

Inferior: un plano horizontal trazado por encima de la cabeza del cúbito. De este modo, la región topográfica del antebrazo se continúa hacia la mano mediante una región de tránsito, la región carpiana o de la muñeca.

El esqueleto del antebrazo lo constituyen el **radio** y el **cúbito**, unidos entre sí mediante la **membrana interósea**. La región está envuelta por la **fascia antebraquial**, la cual, debido a la posición dorsal de los huesos del antebrazo, se adhiere fuertemente a los bordes posteriores de éstos. La parte superior de la fascia es muy tendinosa sirviendo de inserción a músculos subyacentes.

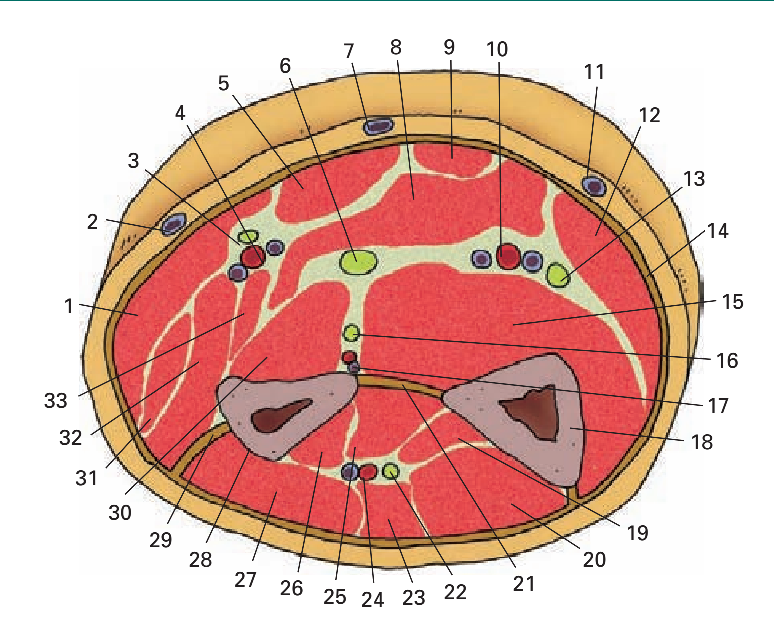


Figura 23-4. Corte transversal esquemático del antebrazo por el tercio medio, visión distal. 1) M. braquiorradial; 2) vena cefálica; 3) rama superficial del nervio radial; 4) arteria radial; 5) m. flexor radial del carpo; 6) nervio mediano; 7) vena mediana del antebrazo; 8) m. flexor superficial de los dedos; 9) m. palmar largo; 10) arteria cubital; 11) vena basílica; 12) m. flexor cubital del carpo; 13) nervio cubital; 14) fascia antebraquial; 15) m. flexor profundo de los dedos; 16) nervio interóseo anterior; 17) arteria interósea anterior; 18) cúbito; 19) m. extensor largo del pulgar; 20) m. extensor cubital del carpo; 21) membrana interósea; 22) rama profunda del nervio radial; 23) m. extensor del dedo meñique; 24) arteria interósea posterior; 25) m. extensor corto del pulgar; 26) m. separador largo del pulgar; 27) m. extensor de los dedos; 28) radio; 29) tabique intermuscular lateral; 30) m. flexor largo del pulgar; 31) m. extensor radial largo; 32) m. extensor radial corto; 33) m. pronador redondo.

En el antebrazo se distinguen dos compartimientos topográficos: **anterior (región antebraquial anterior)** y **posterior (región antebraquial posterior).**

REGIÓN ANTEBRAQUIAL ANTERIOR

Es el conjunto de estructuras situadas por delante del esqueleto del antebrazo y de la membrana interósea. Es un compartimiento amplio que desborda los flancos del esqueleto extendiéndose lateralmente al radio y medialmente al cúbito.

Plano subfascial

Resulta útil dividir el plano subfascial en dos celdas musculares: anterior y lateral.

El *grupo muscular de la celda lateral* comprende los músculos dispuestos lateralmente al radio. Estos músculos se disponen, de superficial a profundo, en cuatro planos: plano del **músculo braquiorradial** (que forma el relieve externo del antebrazo); plano del **extensor radial largo del carpo**; plano del **extensor radial corto del carpo**; plano del **supinador** (que únicamente ocupa la parte superior de la región entorno al radio).

El *grupo muscular de la celda anterior* se organiza, también, en cuatro planos superpuestos:

— Primer plano o superficial: está constituido, de lateral a medial, por los músculos **pronador redondo**, **flexor radial del carpo, palmar largo** y **flexor cubital del carpo.**

— Segundo plano: **músculo flexor superficial de los dedos**.

— Tercer plano: está formado lateralmente por el **músculo flexor largo del pulgar** y medialmente por el **músculo flexor profundo de los dedos**.

— Cuarto plano: existe únicamente en la parte más distal del antebrazo, y está formado por el músculo **pronador cuadrado**.

Paquetes vasculonerviosos (Figs. 15-97; 15-98; 15-99; 17-16; 17-17; 17-18 y 17-19)

Entre los músculos de la región desciende el nervio mediano y dos paquetes vasculonerviosos: radial y cubital.

El **nervio mediano**, que entra bajo el arco del flexor superficial de los dedos, desciende por detrás de este músculo envuelto en su fascia. En la parte distal del antebrazo se coloca junto a los tendones de este músculo, apareciendo, muy superficialmente, entre los tendones del flexor radial del carpo y del palmar largo. Una de sus ramas, el **nervio interóseo anterior**, desciende, junto a la **arteria interósea anterior**, en posición muy profunda, inmediatamente por delante de la membrana interósea.

Paquete vasculonervioso radial

Está constituido por la **arteria radial**, las dos **venas radiales** y la **rama superficial del nervio radial**, la cual se coloca lateralmente a los vasos en un desdoblamiento de la fascia del músculo braquiorradial.

El paquete radial está cubierto anterolateralmente por el músculo braquiorradial (músculo satélite), y se apoya dorsalmente sobre los músculos supinador, pronador redondo, flexor superficial de los dedos y flexor largo del pulgar.

En la parte distal del antebrazo los vasos radiales se sitúan en el *canal del pulso*, el cual se delimita entre: el tendón del braquiorradial, lateralmente; el tendón del flexor radial del carpo, medialmente; el músculo pronador cuadrado, por detrás; y la fascia antebraquial, por delante.

Paquete vasculonervioso cubital

Está formado por la **arteria cubital** con sus dos **venas cubitales** y el **nervio cubital**. Inicialmente, los vasos están separados del nervio pues éstos cruzan oblicuamente la parte alta del antebrazo bajo el arco del flexor superficial de los dedos para dirigirse desde el pliegue del codo a la parte cubital de la región. El nervio cubital se sitúa medialmente a los vasos.

El paquete vasculonervioso desciende por delante del músculo flexor profundo de los dedos cubierto anteromedialmente por el músculo flexor cubital del carpo (músculo satélite).

El **ramo dorsal del nervio cubital** pasa a la región posterior del antebrazo bajo el tendón del flexor cubital del carpo.

Plano superficial

Por el tejido celular subcutáneo se deslizan las **venas cefálica**, **mediana cubital** y **basílica**, además de las ramas terminales de los **nervios musculocutáneo** y **cutáneo medial del antebrazo.**

REGIÓN ANTEBRAQUIAL POSTERIOR

Es el espacio situado por detrás del esqueleto antebraquial y de la membrana interósea.

Plano subfascial (Fig. 17-23)

Bajo la fascia antebraquial los *músculos posteriores* se organizan en dos planos, uno superficial y otro profundo.

El *grupo superficial* está formado, de lateral a medial, por **los músculos extensor de los dedos, extensor del meñique** y **extensor cubital del carpo.**

El *grupo profundo* lo constituyen los músculos destinados al pulgar (**separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar y extensor largo del pulgar**) y el **extensor del índice**.

Entre los dos planos musculares descienden, muy ocultos, la **rama profunda del nervio radial** —que penetra en la región perforando el músculo supinador y acaba emitiendo el **nervio interóseo posterior**—, y la **arteria interósea posterior**. Esta última aparece por encima de la membrana interósea y, antes de descender, emite la **arteria recurrente interósea.**

Plano superficial

Junto a una delgada red venosa descienden algunas ramas nerviosas: el **nervio cutáneo posterior del antebrazo** (rama del radial) y ramos de los **nervios musculocutáneo** y **cutáneo medial del antebrazo**.

MUÑECA (Fig. 23-5)

La muñeca es la región de tránsito entre el antebrazo y la mano. Está constituida por el complejo articular de unión entre el esqueleto del antebrazo y el de la mano, así como por las partes blandas que lo rodean.

Límites

Superior: un plano horizontal que pasa por encima de la cabeza del cúbito (este relieve queda incluido en la muñeca).

Inferior: un plano que siga las superficies distales de los huesos de la segunda fila del carpo.

Con arreglo al complejo articular, la muñeca se divide en dos compartimientos: anterior y posterior.

REGIÓN CARPIANA ANTERIOR

La **región carpiana anterior** o **región anterior de la muñeca**, es el conjunto de estructuras situadas por delante de las articulaciones del complejo articular de unión entre antebrazo y mano.

Esta región comprende *dos zonas diferentes*: una *superior*, que es continuación de la parte distal de la región antebraquial anterior y, una *zona inferior*, el **túnel carpiano**, que constituye un pasillo de acceso hacia la palma de la mano.

La *zona superior* es una banda estrecha situada por delante de las extremidades distales del radio y del cúbito, y delimitada entre el tendón del flexor cubital del carpo y el tendón del separador largo del pulgar. Está tapizada por la **fascia antebraquial** que se acaba fusionando con el **retináculo flexor**.

El **túnel carpiano** es un conducto osteofibroso comprendido entre el surco carpiano y el retináculo flexor (Figs. 6-12; 6-42).

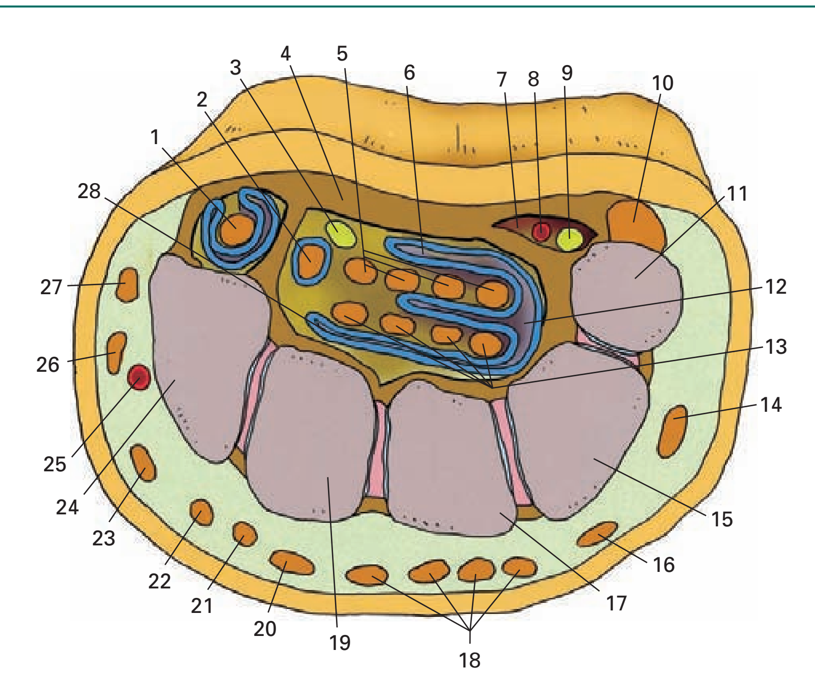


Figura 23-5. Corte transversal esquemático de la región del carpo, visión distal. 1) Tendón del flexor radial del carpo; 2) tendón del flexor largo del pulgar; 3) nervio mediano; 4) retináculo flexor; 5) tendones del flexor superficial de los dedos; 6) fondo de saco pretendinoso; 7) canal de Guyon; 8) arteria cubital; 9) nervio cubital; 10) tendón del flexor cubital del carpo; 11) pisiforme; 12) vaina tendinosa común de los flexores; 13) tendones del flexor profundo de los dedos; 14) tendón del extensor cubital del carpo; 15) piramidal; 16) tendón del extensor del meñique; 17) hueso ganchoso; 18) tendones del extensor de los dedos; 19) hueso grande; 20) tendón del extensor del índice; 21) tendón del extensor largo del pulgar; 22) tendón del extensor corto radial del carpo; 23) tendón del extensor largo radial del carpo; 24) escafoides; 25) arteria radial; 26) tendón del extensor corto del pulgar; 27) tendón del separador largo del pulgar; 28) fondo de saco retrotendinoso.

Plano profundo a la fascia y al retináculo flexor

Está ocupado por tendones, vasos y nervios.

Tendones

En la *zona superior* se disponen los mismos tendones que en la porción distal del antebrazo. En un primer plano, haciendo relieve bajo la piel cuando se flexiona la muñeca encontramos, de lateral a medial, los tendones de los músculos braquiorradial, flexor radial del carpo, palmar largo y flexor cubital del carpo. En un segundo plano, los tendones del flexor superficial de los dedos. En el tercer plano, los tendones de los músculos flexor profundo de los dedos y flexor largo del pulgar. El cuarto plano lo forma la porción más distal del músculo pronador cuadrado.

En el túnel carpiano se introducen algunos de estos tendones. El **tendón del flexor radial del carpo** ocupa la parte más lateral del túnel, aislado en un compartimiento fibroso propio. Los tendones de los flexores de los dedos se organizan en dos planos. En el plano anterior se disponen los **tendones del flexor superficial de los dedos**, y, en el plano posterior, los **tendones del flexor largo del pulgar** y del **flexor profundo de los dedos**.

Los tendones del flexor radial del carpo y del flexor largo del pulgar están envueltos en una vaina sinovial independiente; los tendones flexores de los dedos están rodeados por una vaina sinovial común (**vaina tendinosa común de los flexores**).

El tendón del **palmar largo** pasa por delante del retináculo flexor para continuarse con la aponeurosis palmar.

Elementos vasculonerviosos

El **nervio mediano**, en la zona superior de la región continúa el mismo trayecto que en la porción distal del antebrazo, luego penetra en el túnel carpiano donde ocupa una posición muy superficial por delante del tendón del índice del flexor superficial de los dedos.

El *paquete vasculonervioso cubital* (**arteria** y **nervio cubital**) se sitúa lateralmente al tendón del flexor cubital del carpo, bajo la fascia, y enseguida pasa por delante del retináculo flexor, en un compartimiento fibroso especial (*canal de Guyon*) que está limitado medialmente por el pisiforme.

La **arteria radial** discurre primero por el canal del pulso, luego da la **arteria palmar superficial** y enseguida abandona la región rodeando el ligamento colateral radial del carpo.

Plano superficial

Por delante del retináculo flexor discurre el **ramo cutáneo palmar del nervio mediano**. En la zona superior de la región de la muñeca comienzan a formarse las venas del antebrazo. En la piel se observan tres *pliegues de flexión*. El más distal es el pliegue que limita con las eminencias tenar e hipotenar.

REGIÓN CARPIANA POSTERIOR

La **región carpiana posterior (región posterior de la muñeca**) a diferencia de la regíon anterior, forma una unidad continua con el dorso de la mano. La fascia antebraquial se engrosa formando el **retináculo extensor**.

Plano profundo a la fascia y al retináculo

Está constituido por los tendones de la región antebraquial posterior que se dirigen a la mano y discurren envueltos en *vainas sinoviales* independientes por las *vainas fibrosas* que se forman entre el retináculo extensor y las extremidades distales del radio y del cúbito. Estos tendones, dispuestos en un plano aplicado sobre el esqueleto son, de lateral a medial, los siguientes: **separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar, extensor del índice, extensor de los dedos, extensor del meñique** y **extensor cubital del carpo.**

Distalmente al retináculo, y en la parte lateral del dorso de la muñeca, se forma la *tabaquera anatómica*, un espacio tendinoso triangular que forma relieve bajo la piel. Está comprendida entre los tendones del separador largo y extensor corto por fuera y el tendón del extensor largo por dentro. El fondo corresponde al trapecio y está surcado por la **arteria radial** que, a este nivel, emite la **arteria dorsal del carpo**.

Plano superficial

Junto a las venas superficiales caminan ramos nerviosos cutáneos: la **rama superficial del nervio radial**, el **nervio cutáneo posterior del antebrazo** y el **ramo dorsal del cubital**.

MANO (Fig. 23-6)

REGIÓN PALMAR

La palma de la mano es el conjunto de partes blandas dispuestas por delante de los metacarpianos y los espacios interóseos. La superficie de la palma de la mano está algo deprimida en el centro (hueco de la palma) y ligeramente elevada hacia los lados, lateralmente la eminencia tenar que corresponde a los músculos cortos del pulgar, y medialmente la eminencia hipotenar que corresponde a los músculos cortos del meñique.

Compartimientos de la región palmar

En la profundidad de la región palmar se dispone el **compartimiento interóseo** formado por los metacarpianos, los músculos interóseos, y vasos y nervios. Por delante de este espacio se encuentran los **compartimientos palmares**, los cuales están delimitados por las fascias de la palma de la mano constituida por dos hojas, una superficial y otra profunda. La hoja profunda es la **fascia interósea palmar** que recubre anteriormente el compartimiento interóseo. La hoja superficial, subcutánea, es muy fina a nivel de las eminencias tenar e hipotenar (**fascias palmares laterales**), pero es muy gruesa y singular en el hueco de la mano donde forma la **aponeurosis palmar** (Fig. 23-7).

De las zonas de unión entre la aponeurosis palmar y las fascias palmares laterales parten hacia la profundidad dos tabiques fibrosos. El *tabique palmar lateral* se desprende del borde lateral de la aponeurosis palmar y se dirige hacia el primer metacarpiano y da una fina expansión fibrosa hacia el tercero, recubriendo al músculo aproximador corto del pulgar. El tabique contornea medialmente los músculos tenares pasando entre el flexor corto del pulgar y el flexor largo del pulgar envuelto en su vaina sinovial.

El *tabique palmar medial* se desprende del borde medial de la aponeurosis palmar, contornea lateralmente los músculos hipotenares y termina en el 5.º metacarpiano.

Los tabiques fibrosos delimitan tres **compartimientos palmares: tenar, palmar medio** e **hipotenar**.

Compartimiento palmar medio

Límites: anteriormente, la aponeurosis palmar; posteriormente, la fascia interósea profunda; lateralmente, el tabique palmar lateral; medialmente, el tabique palmar medial.

Este compartimiento está, a su vez, dividido por un delgado septo fibroso, el *tabique palmar intermedio* en dos zonas virtuales. La zona medial es el **espacio mediopalmar** y la zona lateral, el **espacio tenar** (que no debe confundirse con el compartimiento tenar). Los espacios medio palmar y tenar (Fig. 23-8) se prolongan distalmente entorno a los tendones de los músculos lumbricales (*prolongaciones* o *conductos lumbricales*). El tabique palmar intermedio se desprende de la superficie profunda de la aponeurosis palmar, pasa medialmente a los tendones del dedo índice de los flexores de los dedos, y termina en el tercer metacarpiano fusionado con la fascia que cubre el músculo aproximador corto del pulgar. Este tabique tiene muy poca consistencia anatómica, pero en casos de infecciones de la palma de la mano los espacios virtuales que delimita se hacen reales en la contención y dirección de las secreciones purulentas.

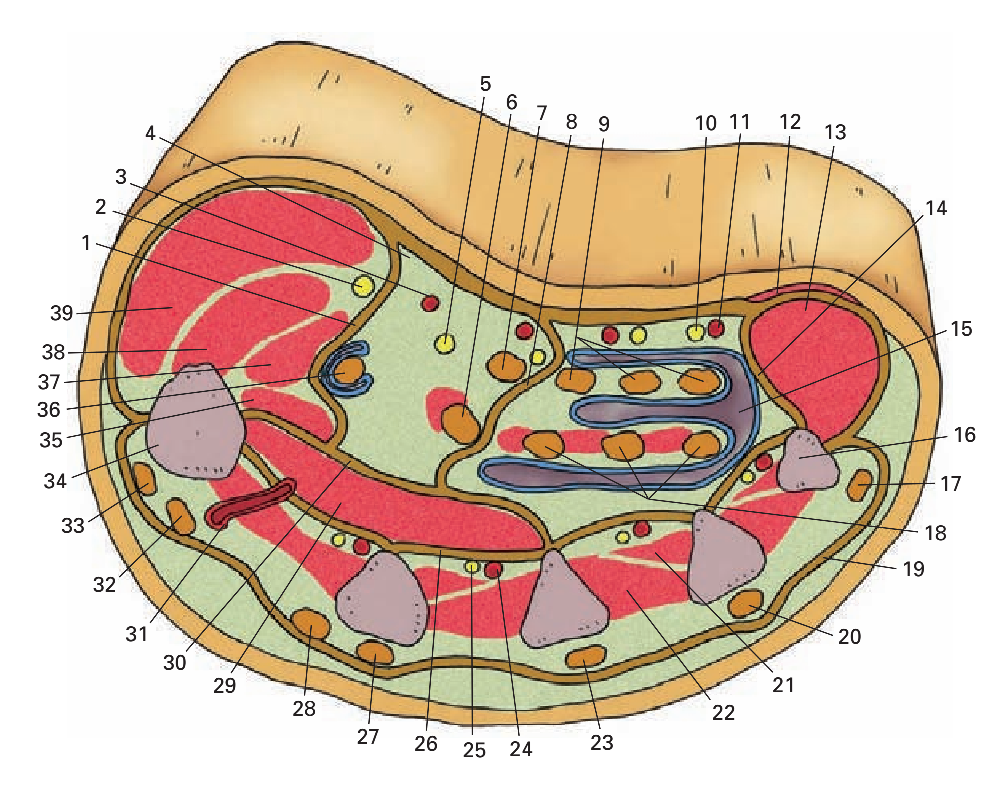


Figura 23-6. Corte transversal esquemático de la región de la mano, visión distal. 1) Tabique palmar lateral; 2) ramo tenar del nervio mediano; 3) arteria digital palmar común (primera rama); 4) aponeurosis palmar; 5) nervio digital palmar; 6) tendón del índice del flexor profundo de los dedos; 7) tendón del índice del flexor superficial de los dedos; 8) tabique palmar intermedio; 9) tendones del flexor superficial de los dedos; 10) nervio digital palmar; 11) arteria digital palmar común (cuarta rama); 12) m. palmar cutáneo; 13) músculos hipotenares; 14) tabique palmar medial; 15) vaina tendinosa común de los flexores; 16) 5.° metacarpiano; 17) tendón del meñique del extensor de los dedos; 18) tendones de los flexores profundos de los dedos; 19) fascia dorsal de la mano; 20) tendón del anular del extensor de los dedos; 21) interóseo ventral del tercer espacio; 22) interóseo dorsal del tercer espacio; 23) tendón del medio del extensor de los dedos; 24) arteria metacarpiana palmar del segundo espacio; 25) nervio interóseo del segundo espacio; 26) fascia interósea palmar; 27) tendón del índice del extensor de los dedos; 28) tendón del extensor del índice; 29) m. aproximador corto del pulgar; 30) fascia del aproximador corto del pulgar; 31) arteria radial; 32) tendón del extensor largo del pulgar; 33) tendón del extensor corto del pulgar; 34) primer metacarpiano; 35) fascículo profundo del flexor corto del pulgar; 36) tendón del flexor largo del pulgar; 37) fascículo superficial del flexor corto del pulgar; 38) m. oponente del pulgar; 39) m. separador corto del pulgar.

Contenido (Figs. 15-100 y 15-101; 17-17; 17-18 y 17-19)

En un primer plano superficial, subyacente a la aponeurosis palmar, se encuentran los vasos y nervios del compartimiento. El **arco palmar superficial** cruza la región emitiendo **distalmente las arterias digitales palmares comunes**. El **nervio mediano** sale del túnel carpiano y emite los **nervios digitales palmares** en posición dorsal con respecto al arco palmar superficial. Nada más entrar en la región, da la **rama tenar** que atraviesa el tabique fibroso lateral y pasa al compartimiento tenar. El ramo superficial del nervio cubital penetra en la mano por la eminencia hipotenar, pero su rama, el **nervio digital palmar común del 4.º espacio** desciende bajo la aponeurosis palmar. Una anastomosis entre el mediano y el cubital puede estar presente.

En un segundo plano se disponen los **tendones flexores** y los **músculos lumbricales**, ocupando casi todo el espacio. Los flexores superficiales y profundos de los dedos están envueltos en la **vaina tendinosa común**, la cual se continúa con la vaina digital del 5.º dedo (vaina digitocarpiana medial). La vaina tendinosa común de los flexores emite prolongaciones entre los tendones flexores (prolongaciones pretendinosa, intertendinosa y retrotendinosa). Los tendones flexores profundos tienen asociados los cuatro músculos lumbricales que reciben sus correspondientes ramas nerviosas. Por la parte más externa del espacio, junto al compartimiento tenar discurre el tendón del **flexor largo del pulgar** recubierto de su vaina sinovial que se continúa en el dedo pulgar (vaina digitocarpiana lateral).

Compartimiento tenar

Este compartimiento contiene los músculos cortos del pulgar con excepción del aproximador corto, que, como ya hemos indicado ocupa un espacio propio.

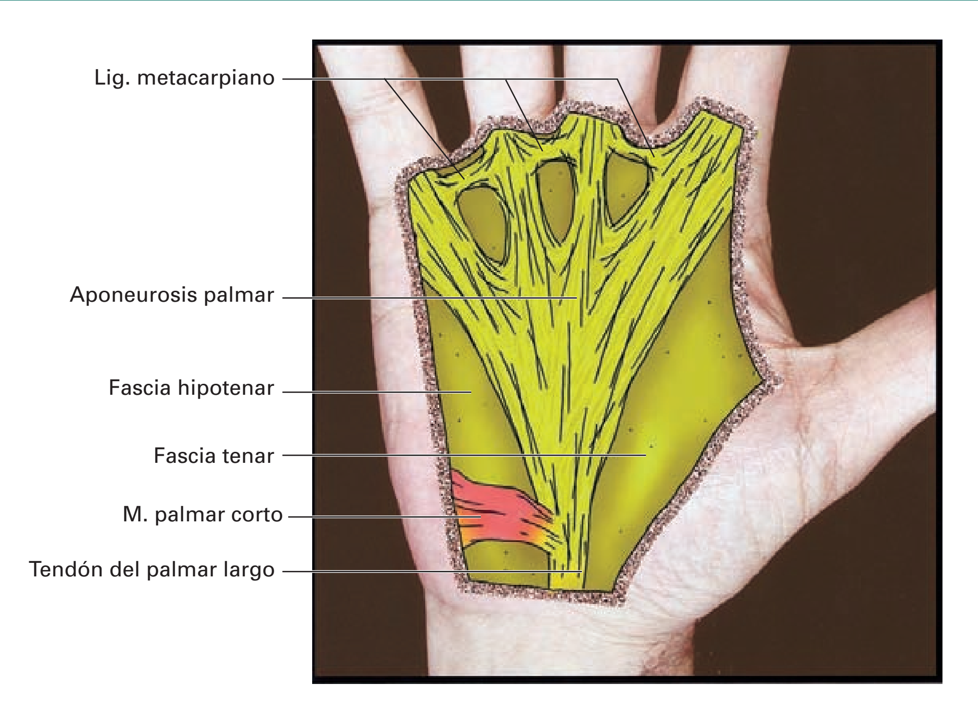


Figura 23-7. Representación esquemática de las fascias palmares tras abrir una amplia ventana en la piel.

Los músculos se organizan en dos planos. El plano superficial lo forma el músculo **separador corto del pulgar**. El plano profundo lo constituyen los músculos **oponente del pulgar**, por fuera, y **flexor corto del pulgar**, por dentro.

La **arteria palmar superficial** desciende en posición subcutánea o atraviesa el músculo separador corto. La **rama tenar del mediano** se distribuye por los músculos de la región.

Compartimiento hipotenar

Contiene los músculos cortos del dedo meñique. Profundamente, el **músculo oponente del meñique** y, en un plano superficial, y de medial a lateral, los **músculos aproximador corto del meñique** y **flexor corto del meñique**. Anteriormente a la delgada fascia hipotenar se encuentra el **músculo palmar corto**.

La **arteria palmar profunda**, rama de la cubital, penetra entre los músculos hipotenares y perforando los tabiques conectivos pasa al compartimiento interóseo para formar el arco palmar profundo. La **rama profunda del nervio cubital** se distribuye por los músculos de la región y pasa al compartimiento interóseo en compañía del arco palmar profundo.

Compartimiento interóseo (Figs. 15-101; 17-19)

Contiene, en el primer espacio, el **músculo interóseo dorsal del primer espacio** que está atravesado por la arte-

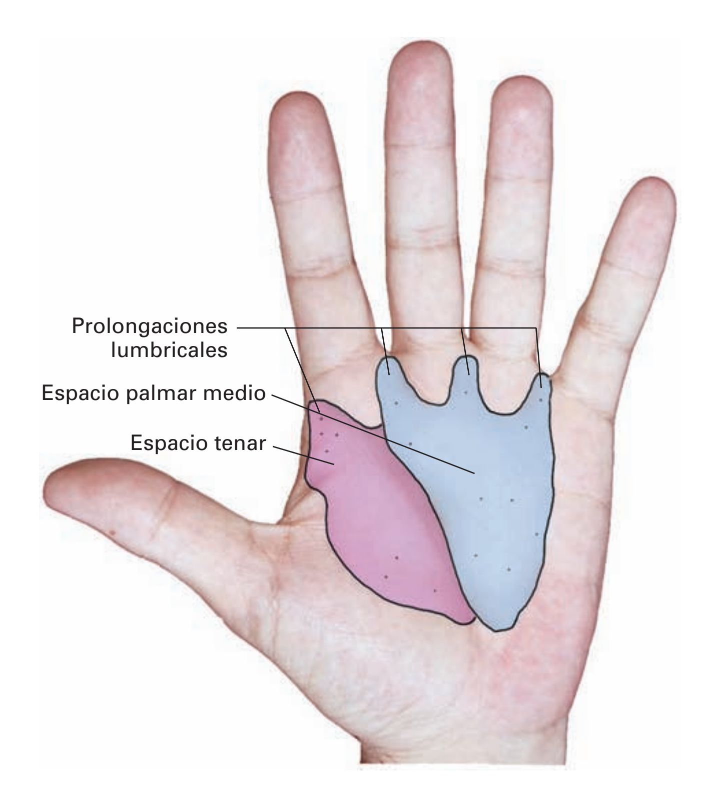


Figura 23-8. Proyección de los espacios celulosos o fasciales del compartimiento medio de la mano.

ria radial, en el resto de los espacios interóseos se encuentran los **interóseos ventrales** y **dorsales** correspondientes. Por delante de los interóseos de los dos primeros espacios está el músculo aproximador corto del pulgar, el cual, debido a la disposición de los tabiques fibrosos y las fascias ocupa un compartimiento propio (**compartimiento aproximador**).

El **arco palmar profundo** y la **rama profunda del cubital** se sitúan por delante de los músculos y por detrás de la fascia interósea palmar, y emiten las **arterias metacarpianas palmares** y los **nervios para los interóseos**.

REGIÓN DORSAL DE LA MANO

Es el espacio situado por detrás de los metacarpianos y los espacios interóseos. La **fascia dorsal de la mano** permite distinguir un plano superficial y un plano profundo.

Plano superficial

Carece de panículo adiposo. En el tejido celular subcutáneo se dispone una **red venosa** y las **ramas cutáneas de los nervios radial** y **cubital.**

Plano subfascial (Figs. 15-102; 17-23)

Entre la fascia y el compartimiento interóseo hay una capa de tejido celular muy laxa por donde discurren los **tendones extensores de los dedos** y, lateralmente, los **tendones del dedo pulgar** según la disposición que se observa en la Figura 23-6. La **arteria radial**, al salir de la tabaquera anatómica perfora la parte superior del primer espacio interóseo. Las tres **arterias metacarpianas dorsales** (ramas de la red carpiana dorsal) y la **arteria metacarpiana dorsal del primer espacio** (rama de la radial) descienden parcialmente cubiertas por los tendones.

CAPÍTULO 24

Topografía de la extremidad inferior

CADERA

La cadera establece la unión entre la pelvis y la extremidad inferior. Topográficamente está formada por la **región glútea** y la denominada **región de la cadera**, la cual incluye la **articulación coxofemoral** y las formaciones laterales a la misma comprendidas entre el trocánter mayor y la cresta ilíaca. Consideraremos la región glútea.

REGIÓN GLÚTEA (Fig. 24-1)

La región glútea comprende el conjunto de partes blandas que cubren por detrás la pelvis y la articulación de la cadera.

Límites

Superior: la cresta ilíaca.
Inferior: el surco glúteo.
Medial: el borde lateral del sacro y del cóccix.
Lateral: una vertical que pase por el trocánter mayor.

El abombamiento característico de la región viene determinado por el músculo glúteo mayor y el panículo adiposo que lo recubre. La disposición de la grasa glútea es un rasgo sexual; la cantidad de grasa es mayor en la mujer, en la que aumenta con la edad. El pliegue glúteo no coincide con el borde inferior del músculo glúteo mayor, que queda más arriba; corresponde a adherencias fibrosas entre la dermis y la fascia glútea a través del panículo adiposo.

La región descansa anteriormente sobre un **plano osteoarticular** con dos zonas diferentes: una superolateral formada por la fosa ilíaca externa y la articulación de la cadera, y una zona inferomedial comprendida entre el borde posterior del coxal y la columna ósea sacrococcígea. En esta última se encuentran las comunicaciones con los espacios de la pelvis y está tabicada por los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso en los **orificios isquiáticos mayor** y **menor**.

La **fascia glútea** tapiza dorsalmente los músculos glúteos. Se inserta en la cresta ilíaca y en el sacro, y lateralmente se continúa con la fascia lata.

Plano subfascial

Está constituido por dos planos musculares, uno superficial y otro profundo.

El *plano superficial* lo forma, en gran parte, el **músculo glúteo mayor**; el **músculo glúteo mediano**, que está cubierto por el glúteo mayor, sobresale de éste en la parte superolateral de la región. La porción de fascia glútea que

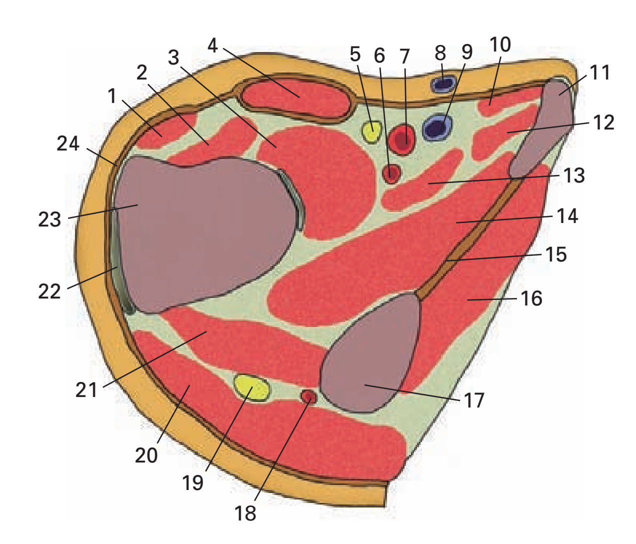


Figura 24-1. Corte transversal esquemático del muslo por el triángulo femoral, visión distal. 1) Músculo tensor de la fascia lata; 2) músculo recto femoral; 3) músculo iliopsoas; 4) músculo sartorio; 5) nervio femoral; 6) arteria femoral profunda; 7) arteria femoral; 8) vena safena mayor; 9) vena femoral; 10) músculo aproximador largo; 11) pubis; 12) músculo aproximador corto; 13) músculo pectíneo; 14) músculo obturador interno; 15) membrana obturatriz; 16) músculo obturador externo; 17) isquion; 18) arteria glútea inferior; 19) nervio ciático; 20) músculo glúteo mayor; 21) músculo cuadrado femoral; 22) bolsa serosa trocantérea; 23) fémur; 24) fascia lata.

recubre el músculo glúteo mediano es muy tendinosa y resistente. En el borde inferior del glúteo mayor, la fascia glútea se refleja para tapizar la cara profunda del músculo encerrándolo en un compartimiento. Debajo del glúteo mayor se encuentran algunas bolsas sinoviales. Las más relevantes son la **bolsa trocantérea del glúteo mayor**, entre este músculo y el trocánter mayor, y la **bolsa isquiática del glúteo mayor**, entre el músculo y la tuberosidad isquiática.

El *plano profundo* está formado por los músculos pelvitrocantereos que se disponen junto a la articulación de la cadera. De superior a inferior son el **músculo glúteo inferior**, el **músculo piriforme**, el **músculo obturador interno** con sus **músculos géminos** asociados, el **músculo cuadrado femoral** y el **músculo obturador externo**. Este último es anterior al cuadrado femoral. En la zona inferior de la región está el origen de los músculos isquiotibiales. El músculo piriforme, al salir por el agujero isquiático mayor, lo divide en **hendidura** o **agujero suprapiriforme** y **agujero** o **hendidura infrapiriforme**.

Entre los dos planos musculares se forma el **espacio celuloso subglúteo**, ocupado por tejido conectivo laxo y los paquetes vasculonerviosos de la región.

El espacio subglúteo está cerrado superolateralmente; inferiormente se continúa con el espacio celuloso de la región femoral posterior; medialmente, a través de los agujeros isquiáticos mayor y menor, está en continuidad con el tejido conectivo de la pelvis y del periné.

Paquetes vasculonerviosos (Figs. 15-81; 17-34)

Se pueden distinguir dos paquetes vasculonerviosos: superior e inferior.

El *paquete vasculonervioso superior* está formado por la **arteria glútea superior**, las venas correspondientes y el **nervio glúteo superior**. Pasan por la hendidura suprapiriforme y caminan entre los glúteos mediano y menor.

El *paquete vasculonervioso inferior* es más complejo. Consta de un pedículo lateral y un pedículo medial que aparecen en la región por la hendidura infrapiriforme.

El *pedículo lateral* lo forman el **nervio ciático** (estructura fundamental de la región), los **nervios glúteo inferior** y **cutáneo femoral posterior**, y la **arteria glútea inferior** en compañía de sus venas satélites. El nervio ciático es el elemento más lateral del pedículo y desciende por detrás del obturador interno y del cuadrado femoral, cubierto por el glúteo mayor.

El *pedículo medial* está constituido por el **nervio pudendo** y los **vasos pudendos internos**, los cuales contornean en seguida la espina ciática y el ligamento sacroespinoso y pasan a la fosa isquioanal por el agujero isquiático menor abandonando la región glútea.

Plano superficial

El panículo adiposo está tabicado en pequeños cúmulos por numerosos tractos conectivos que se extienden desde la dermis a la fascia glútea. Por este panículo caminan numerosas ramas nerviosas cutáneas. Medialmente, los ramos dorsales de los nervios sacros; superiormente, los ramos clúneos superiores de los nervios lumbares; inferiormente (bajo el pliegue glúteo), los ramos clúneos inferiores del cutáneo femoral posterior, los ramos perineales y el nervio cutáneo perforante; lateralmente, el ramo cutáneo lateral del nervio iliohipogástrico.

Sobre la inserción del músculo glúteo mayor en el trocánter mayor se encuentra la **bolsa subcutánea trocantérea**.

MUSLO

El muslo se divide en tres regiones topográficas: triángulo femoral, región femoral anterior y región femoral posterior.

TRIÁNGULO FEMORAL (Fig. 24-1)

El **triángulo femoral** (*triángulo de Scarpa*) es una zona triangular de la parte superior y medial de la cara anterior del muslo.

Límites

Superior o *base* del triángulo: **ligamento inguinal**.

Lateral: **músculo sartorio**.

Medial: **músculo aproximador largo**.

Inferior o *vértice:* unión de los bordes de los músculos sartorio y aproximador mediano.

El *suelo del triángulo inguinal* lo forman los **músculos iliopsoas** (lateralmente) y **pectíneo** (medialmente). Es acanalado, pues sobre él se apoyan los vasos femorales. Este suelo muscular separa el triángulo de la **articulación de la cadera**.

La superficie anterior del triángulo está cubierta por la **fascia lata**, la cual determina la separación entre el plano profundo del triángulo y el plano superficial. En la zona próxima al ligamento inguinal, la fascia lata presenta una dehiscencia ovalada denominada **hiato safeno**, por donde la vena safena mayor atraviesa para unirse a la vena femoral. En el hiato safeno la fascia es más delicada y presenta numerosos orificios pequeños (**fascia cribiforme**) para el paso de vasos linfáticos.

Plano subfascial

Contenido (Figs. 15-107 y 15-108; 17-30)

La **arteria femoral** es el elemento *eje* del triángulo, al que atraviesa desde la parte externa de la laguna muscular hasta el vértice. Medialmente a la arteria se encuentra la vena femoral y lateralmente se dispone el nervio femoral.

La **vena femoral** asciende desde el vértice del triángulo y pasa a la pelvis por la laguna vascular para continuarse con la vena ilíaca externa.

En la parte superior de la región, la arteria y la vena están rodeadas por la **vaina femoral**, una envoltura conectiva en forma de embudo con la base en la laguna vascular. La vaina femoral es continuidad del tejido conectivo de las paredes abdominal y pélvica, y distalmente se continúa con la adventicia de los vasos femorales. En el interior de la vaina, medialmente a la vena femoral, se encuentra un conducto estrecho, el **conducto femoral**, ocupado por vasos linfáticos y, en numerosas ocasiones, por un ganglio linfático inguinal profundo. A nivel de la laguna vascular, lateralmente al ligamento lagunar, el conducto femoral está parcialmente cerrado por un delicado tabique conectivo, el **septo femoral**, el cual es atravesado por vasos linfáticos profundos.

La **arteria femoral profunda** desciende por detrás de la femoral y abandona el triángulo femoral pasando entre el pectíneo y el aproximador largo. La **arteria circunfleja medial** sale del triángulo entre el iliopsoas y el pectíneo para adosarse al cuello quirúrgico del fémur. La **arteria circunfleja lateral** se dirige hacia fuera sobre el iliopsoas entre las ramas del nervio femoral.

El **nervio femoral** penetra en el triángulo femoral por la laguna muscular envuelto en la fascia del iliopsoas; desciende en posición inmediatamente lateral con respecto a la vaina femoral y emite sus ramas motoras y cutáneas. Una de sus ramas, el **nervio safeno**, es satélite de la arteria femoral, disponiéndose por fuera de ella.

La **rama femoral del nervio genitocrural** se dispone, en la parte superior de la región, por delante de la arteria femoral, en el interior de la vaina vascular; en seguida perfora la vaina y la fascia cribiforme y se hace superficial.

Plano superficial

Por la tela subcutánea (fascia superficial) discurre la **vena safena mayor** en dirección ascendente hacia el hiato safeno. Recibe las **venas pudendas** y la **vena epigástrica superficial**. Los **ganglios linfáticos inguinales superficiales**, en número muy variable, se disponen inferiormente al ligamento inguinal y junto a la vena safena mayor. Las ramas superficiales de la arteria femoral perforan la fascia lata en diversos puntos: **arterias pudendas externas, arteria circunfleja ilíaca superficial** y **arteria epigástrica superficial.**

REGIÓN FEMORAL (Fig. 24-2)

Límites

Superior: un plano horizontal que pase por el vértice del triángulo inguinal y por el surco glúteo.

Inferior: un plano horizontal que pase a unos 3 cm por encima de la rótula.

En general, ofrece el aspecto de un cono truncado que se adelgaza en sentido distal. En un corte transversal se observa el eje óseo central formado por la diáfisis del fémur. Las masas musculares que lo rodean están mantenidas por la fascia lata, la cual la separa de los planos superficiales.

Compartimientos femorales

La fascia lata está reforzada lateralmente por el tracto iliotibial. De su cara profunda parten dos tabiques hacia la línea áspera del fémur: el tabique intermuscular lateral que pasa por detrás del vasto externo y el tabique intermuscular medial que pasa por detrás del vasto interno y por delante de los músculos aproximadores. Se forman así dos compartimientos fasciales: uno que se dispone por delante de los tabiques y comprende casi toda la diáfisis femoral y los músculos extensores, y otro posterior que integra los músculos isquiotibiales y aproximadores. Sin embargo, es preferible considerar los músculos aproximadores, que forman el grupo muscular medial del muslo,

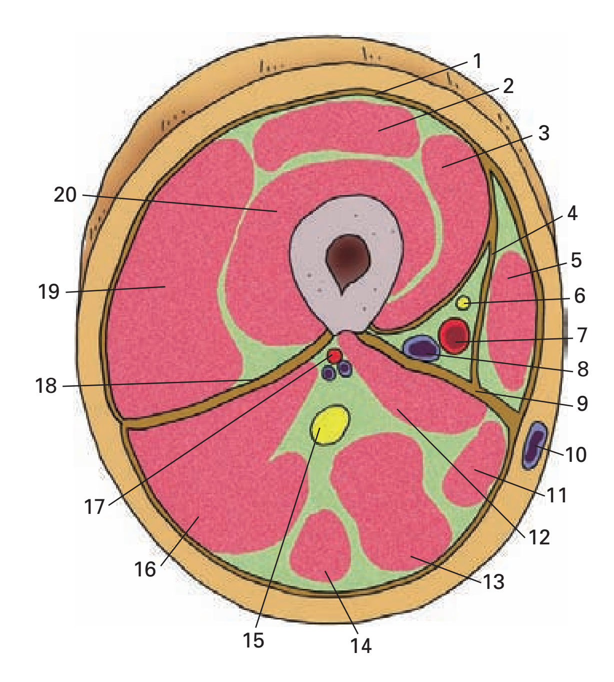


Figura 24-2. Corte transversal esquemático del muslo por el tercio medio, visión distal. 1) Fascia femoral (fascia lata); 2) m. recto femoral; 3) m. vasto medial; 4) fascia vastoaductoria; 5) m. sartorio; 6) nervio safeno; 7) arteria femoral; 8) vena femoral; 9) tabique intermuscular medial; 10) vena safena mayor; 11) m. grácil; 12) m. aproximador mayor; 13) m. semimembranoso; 14) m. semitendinoso; 15) nervio isquiático; 16) m. bíceps femoral; 17) arteria perforante; 18) tabique intermuscular lateral; 19) m. vasto lateral; 20) m. vasto intermedio.

dentro del compartimiento femoral anterior por dos razones: en primer lugar, porque el denominado tabique intermuscular medial es una lámina extraordinariamente delgada y de escasa significación, y, en segundo lugar, porque la vía quirúrgica para llegar a los aproximadores y a la arteria femoral profunda es siempre anterior.

Así pues, consideraremos que la región femoral está dividida en **una región femoral anterior** y otra **posterior** por un plano que pase por el tabique intermuscular lateral, la línea áspera y la superficie posterior del músculo aproximador mayor.

REGIÓN FEMORAL ANTERIOR

Plano subfascial

Bajo la fascia lata hay un grupo muscular anterior y otro medial, separados entre ellos por el tabique intermuscular medial. En esta región se forma el conducto de los aproximadores, por el que discurren los vasos femorales y algunos nervios.

El *grupo anterior* está formado por el **músculo cuádriceps** y el **músculo sartorio**. El cuádriceps cubre como una capa el cuerpo del fémur. El sartorio ocupa una posición más medial y superficial y está envuelto en una vaina fascial independiente por desdoblamiento de la fascia lata. Cruza la región oblicuamente haciéndose progresivamente más medial a medida que desciende; por arriba se continúa formando el límite externo del triángulo femoral.

El *grupo medial* lo forman los **músculos aproximadores** y el **músculo grácil**. Los aproximadores se disponen de adelante atrás en tres planos: aproximador largo, aproximador corto y aproximador mayor. En la parte inferior de la región, entre las inserciones femorales del músculo aproximador mayor, se forma el **hiato tendinoso del aductor**, puerta de acceso a la región poplítea.

Conducto de los aproximadores o de los aductores (Figs. 15-109; 17-31)

Entre el cuádriceps y los aproximadores se establece un canal que el músculo sartorio transforma en conducto. El conducto se abre superiormente al vértice del triángulo femoral y caudalmente al hiato tendinoso del aductor. En un corte transversal se aprecian bien sus paredes: *anteromedialmente*, el músculo sartorio; *anterolateralmente*, el músculo vasto medial; *posteriormente*, los músculos aproximadores y el tabique intermuscular medial. La porción inferior del conducto de los aductores está reforzada por la **fascia vastoaductora**. Se trata de una lámina tendinosa resistente que se extiende, bajo el músculo sartorio, desde el músculo vasto medial al tendón del aproximador mayor. A esta zona del conducto aductor se le denomina *canal de Hunter*.

Contenido: la **arteria femoral** y la **vena femoral** están envueltos en una adventicia común. De superior a inferior, la arteria gira por delante de la vena, de modo que, a la entrada del conducto es anterolateral a la vena y, a la salida, se sitúa medialmente a ella. El **nervio safeno** desciende por delante de la arteria femoral hasta que perfora la fascia vastoaductoria. La **rama para el vasto medial del nervio del cuádriceps** desciende por fuera del paquete vascular.

Plano superficial

En el tejido subcutáneo se encuentran venas tributarias de la **vena safena mayor** que asciende por la parte medial de la región y ramas nerviosas cutáneas. Estas últimas son ramas del **nervio cutáneo femoral lateral**, los **ramos cutáneos anteriores del nervio femoral** (algunos perforan el sartorio) y la **rama cutánea del nervio obturador** que aparece entre los músculos aproximador largo y grácil. Bajo el sartorio se forman anastomosis nerviosas (**plexo subsartorial**).

REGIÓN FEMORAL POSTERIOR

Plano subfascial (Fig. 17-35)

La región está recorrida por las masas alargadas de los músculos isquiotibiales. Con excepción de la porción corta del bíceps femoral, ninguno de estos músculos se inserta en el fémur. Se organizan en dos grupos musculares. El *grupo lateral* lo forma el **bíceps femoral**; la porción corta es profunda con respecto a la porción larga. El *grupo medial* está constituido por los **músculos semimembranoso** y **semitendinoso**; se dispone este último en posición posterior. Ambos grupos musculares están en contacto en la parte superior del muslo, pero, a medida que descienden, se van separando como las ramas de una horquilla.

Espacio celuloadiposo del nervio ciático

Entre los músculos isquiotibiales por detrás y el músculo aproximador mayor por delante se forma una capa celuloadiposa que sirve de espacio de deslizamiento al *paquete vasculonervioso* de la región. Sin duda, la formación más importante de este paquete es el **nervio ciático**, el cual, como ya sabemos, puede encontrarse desdoblado ya en sus dos ramas (nervios tibial y peroneo) a nivel de esta región, incluso a la salida de la pelvis. El nervio está acompañado por una *cadena arterial* resultado de la anastomosis entre las arterias perforantes, la arteria circunfleja medial y la arteria glútea inferior. Dos *cadenas venosas* muy finas y plexiformes acompañan a las arterias.

Inmediatamente subyacente a la fascia lata, entre ésta y los músculos más superficiales, desciende el **nervio cutáneo femoral posterior** hasta el hueco poplíteo.

Plano superficial

En el tejido subcutáneo se encuentran venas, como la vena safena accesoria y venas tributarias de la vena safena mayor, y finos ramos nerviosos procedentes del nervio cutáneo femoral posterior que perforan la fascia lata.

RODILLA (Fig. 24-3)

En relación con la articulación de la rodilla se disponen dos regiones distintas: anterior (**región anterior de la rodilla**) y **posterior (región posterior de la rodilla o fosa poplítea).**

La **región anterior de la rodilla** corresponde a las formaciones de la cara anterior de la articulación, al tendón del cuádriceps y al ligamento rotuliano.

FOSA POPLÍTEA

Es el conjunto de partes blandas situadas por detrás de la articulación de la rodilla. Con la rodilla flexionada se aprecia bien su forma romboidal deprimida en el centro (**hueco poplíteo**) y bien delimitada por sus límites musculares.

Describiremos unos límites o paredes y un contenido.

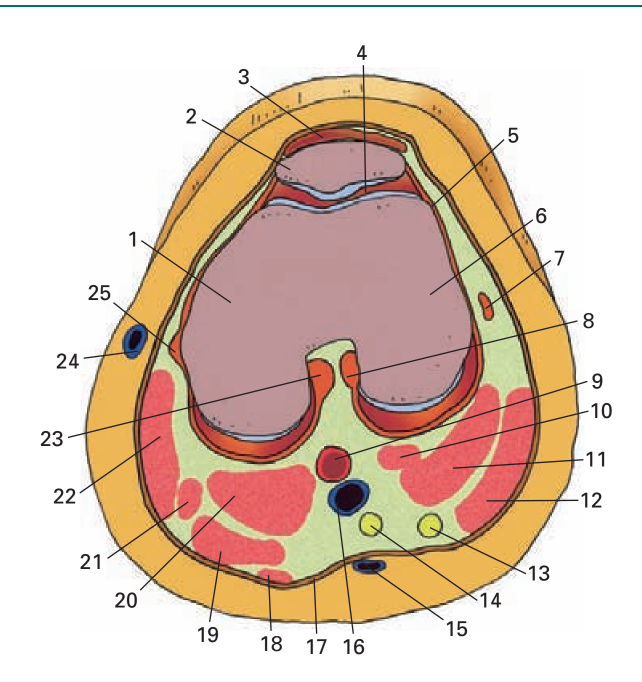


Figura 24-3. Corte transversal esquemático de la rodilla y de la región poplítea. 1) Cóndilo medial del fémur; 2) rótula; 3) bolsa serosa prerrotuliana; 4) cavidad articular; 5) cápsula articular; 6) cóndilo lateral del fémur; 7) lig. colateral peroneo; 8) ligamento cruzado anterior; 9) arteria poplítea; 10) m. plantar; 11) m. gastrocnemio lateral; 12) m. bíceps femoral; 13) nervio peroneo; 14) nervio tibial; 15) vena safena menor; 16) vena poplítea; 17) fascia profunda; 18) m. semitendinoso; 19) m. semimembranoso; 20) m. gastrocnemio medial; 21) m. grácil; 22) m. sartorio; 23) lig. cruzado posterior; 24) vena safena mayor; 25) lig. colateral medial.

Límites o paredes

Suelo o *pared anterior*. Constituye el plano profundo de la región y está formado por la **cara poplítea** del extremo distal del fémur, la **cápsula de la rodilla** con los ligamentos posteriores y el **músculo poplíteo**. Entre el tendón del músculo y la articulación hay una bolsa serosa (**receso subpoplíteo**).

Límites laterales. Los músculos que delimitan la fosa se encuentran muy próximos entre sí, pero si se les tracciona hacia los lados se observa que dibujan un rombo de eje mayor vertical cuyos cuatro lados son los siguientes:

Superolateral: **músculo bíceps femoral**.

Superomedial: **músculos semimembranoso** (profundo) y **semitendinoso** (superficial).

Inferolateral: **cabeza lateral del músculo gastrocnemio** y el **músculo plantar**.

Inferomedial: **cabeza medial del músculo gastrocnemio**.

Todos estos músculos tienen asociados bolsas sinoviales que les separan de estructuras vecinas.

Pared posterior o techo

El techo de la fosa poplítea está formado por la fascia poplítea profunda y los planos superficiales de la región constituidos por la piel y la fascia superficial poplítea.

La **fascia poplítea profunda** aísla el contenido de la región del plano superficial; en el centro, es muy fuerte y tendinosa; a los lados se adhiere a los músculos limítrofes; y, en profundidad, emite dos tabiques sagitales que se dirigen hacia las líneas de bifurcación de la línea áspera.

La *fascia superficial* contiene grasa, la terminación de la *vena safena menor* y ramos del **nervio cutáneo femoral posterior**. La vena safena menor perfora la fascia profunda y se une a la vena poplítea.

La región tiene dos puertas de acceso o comunicación: por arriba el **hiato tendinoso aductor**, que comunica con el conducto de los aproximadores; por abajo, el **arco tendinoso del sóleo**, que da paso a la región posterior de la pierna.

Contenido (Figs. 15-112; 17-36)

La fosa poplítea contiene abundante grasa entre la que discurren importantes vasos y nervios.

El elemento *eje* es la **arteria poplítea**, que se dirige oblicua hacia abajo y hacia fuera. Da las **arterias articulares** (superiores, media e inferiores) de la rodilla y **las arterias surales.**

Posterolateralmente a la arteria se dispone la **vena poplítea**, que recibe, hacia la parte media del trayecto, la desembocadura de la vena safena menor. Arteria y vena están envueltas en una densa vaina vascular.

Los **ganglios linfáticos poplíteos** se disponen a lo largo de los vasos.

El **nervio ciático** se divide en tibial y peroneo. El **nervio tibial**, vertical, va de vértice a vértice del rombo en posición posterolateral a la vena poplítea. Da ramos motores para el tríceps sural y el poplíteo y el **nervio sural**.

El **nervio peroneo** se aleja del paquete vascular y desciende medialmente al tendón del músculo bíceps femoral. Emite el **nervio cutáneo sural lateral** y el **ramo comunicante peroneo** que descienden sobre la cabeza lateral del gastrocnemio.

PIERNA (Fig. 24-4)

Límites

Superior: plano horizontal por debajo de la articulación de la rodilla (tuberosidad anterior de la tibia)

Inferior: un plano horizontal por encima de los maléolos.

El esqueleto de la pierna lo constituyen la tibia y el peroné unidos por la membrana interósea. La fascia profunda de la pierna (fascia crural) contornea los músculos de la pierna y se inserta en los bordes anterior y medial de la tibia, dejando libre la cara anteromedial de la diáfisis tibial. La fascia es muy tendinosa en la porción superior de la pierna sirviendo de inserción a algunos músculos del compartimiento anterior. Distalmente, la fascia presenta una serie de reforzamientos (retináculos) para sujetar el paso de los tendones al pie. De la superficie profunda de la fascia parten dos tabiques intermusculares hacia el peroné. El tabique intermuscular anterior se inserta en el borde anterior del peroné y el tabique intermuscular lateral lo hace en el borde posterior. De este modo se organizan tres compartimientos crurales: anterior, lateral y posterior. Los compartimientos anterior y lateral conforman la región anterior de la pierna, y el compartimiento posterior, la región posterior de la pierna.

REGIÓN ANTERIOR DE LA PIERNA

Es el conjunto de estructuras situadas por delante del esqueleto de la pierna, la membrana interósea y el tabique intermuscular lateral.

Plano subfascial

Como se ha mencionado anteriormente, esta región está dividida por el tabique intermuscular anterior en un compartimiento lateral y un compartimiento anterior.

Compartimiento anterior

Está ocupado por músculos extensores. El **músculo tibial anterior** es el más medial, junto a la tibia; el **extensor largo de los dedos** es el más lateral, junto al tabique intermuscular anterior; el **extensor largo del dedo grueso** queda cubierto parcialmente entre los dos anteriores hasta el extremo distal de la pierna; el **músculo peroneo tercero** ocupa únicamente el tercio distal del compartimiento, lateralmente al extensor largo de los dedos.

Paquete vasculonervioso anterior (Figs. 15-114; 17-37)

El **nervio peroneo profundo**, la **arteria tibial anterior** y sus **venas** satélites descienden por delante de la membrana interósea cubiertos por los músculos del compartimiento. El nervio peroneo profundo entra en la región atravesando las fibras del músculos extensor largo de los dedos y se sitúa lateralmente a la arteria tibial anterior. Da ramos motores a los músculos del compartimiento.

La arteria tibial anterior entra en la región inmediatamente por encima de la membrana interósea. En la parte superior emite las arterias recurrentes tibiales anterior y posterior, y, en la parte inferior, ramas maleolares.

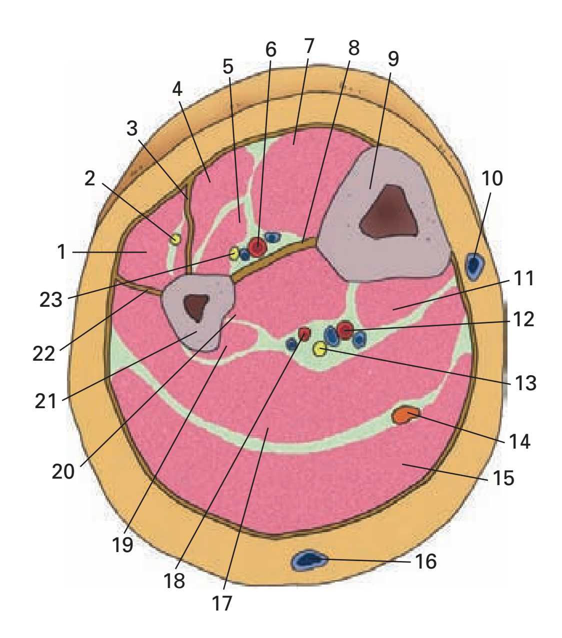


Figura 24-4. Corte transversal esquemático de la pierna por el tercio medio, visión distal. 1) M. peroneo largo; 2) nervio peroneo superficial; 3) tabique intermuscular anterior; 4) m. extensor largo de los dedos; 5) m. extensor largo del primer dedo; 6) arteria tibial anterior; 7) m. tibial anterior; 8) membrana interósea; 9) tibia; 10) vena safena mayor; 11) m. flexor largo de los dedos; 12) arteria tibial posterior; 13) nervio tibial; 14) m. plantar; 15) m. gastrocnemio; 16) vena safena menor; 17) m. sóleo; 18) arteria peronea; 19) m. flexor largo del primer dedo; 20) m. tibial posterior; 21) peroné; 22) tabique intermuscular posterior; 23) nervio peroneo profundo.

Compartimiento lateral (Fig. 17-37)

Este compartimiento, comprendido entre los tabiques intermusculares, está ocupado por los músculos peroneos. El **músculo peroneo largo** cubre lateralmente al **músculo peroneo corto**.

El **nervio peroneo** entra en la parte superior de la región por fuera del cuello del peroné entre las inserciones del músculo peroneo largo y se divide en peroneo profundo y peroneo superficial. El nervio peroneo profundo abandona inmediatamente el compartimiento lateral para pasar al compartimiento anterior, como ya se ha mencionado. El **nervio peroneo superficial** desciende entre los músculos peroneos, a veces en el espesor del tabique intermuscular anterior; en la porción distal de la pierna perfora la fascia crural y se hace superficial lateralmente al músculo extensor largo de los dedos. En su trayecto en la región da ramos a los músculos peroneos.

Plano superficial

El borde anterior de la tibia hace relieve en la parte medial de la región. Junto a una red venosa superficial discurre **el nervio sural lateral** y, en la porción distal, el **nervio peroneo superficial.**

REGIÓN POSTERIOR DE LA PIERNA

Está formada por el conjunto de estructuras situadas por detrás del esqueleto de la pierna, la membrana interósea y el tabique intermuscular lateral.

Plano subfascial (Figs. 15-115; 17-36)

Los músculos del compartimiento posterior se disponen en dos planos, superficial y profundo.

El *plano superficial* lo forma el músculo tríceps sural, dispuesto en dos capas. El **músculo gastrocnemio** se dispone superficialmente al **músculo sóleo**; el **músculo plantar** desciende entre ambos por la parte medial del espacio intermuscular. En la mitad inferior de la región los músculos convergen en el **tendón calcáneo**.

El *plano profundo* está constituido por tres músculos que, de lateral a medial, son los siguientes: **músculo flexor largo del dedo grueso**, **músculo tibial posterior** y **músculo flexor largo de los dedos**.

Entre ambos planos musculares hay un *espacio celuloadiposo* por el que discurren los elementos vasculares y nerviosos de la región.

La **arteria tibial posterior** continúa la poplítea bajo el arco tendinoso del sóleo en dirección al canal calcáneo interno. Cerca de su origen da la **arteria peronea** que desciende lateralmente al tronco de la arteria tibial, a veces en el espesor del músculo flexor largo del dedo grueso. En la porción proximal da las arterias circunfleja peronea y nutricia de la tibia; en la porción distal emite ramos maleolares y calcáneos. Cada arteria se acompaña de dos venas profundas satélites.

El **nervio tibial**, que penetra en la región bajo el arco tendinoso del sóleo, desciende en compañía de la arteria tibial posterior, situándose lateralmente a ella. En la porción distal de la pierna se sitúa, siempre junto a la arteria, en posición medial al tendón calcáneo y entre los tendones de los flexores. Da ramos motores a los músculos profundos.

Plano superficial

Por el tejido subcutáneo ascienden las venas safenas. La **vena safena menor** por la parte posterior y la **vena safena mayor** por la parte medial, próxima a la tibia. Los ramos cutáneos de la región son los siguientes: **nervio sural**, que camina junto a la vena safena menor y que en la parte superior recibe la anastomosis del **ramo comunicante peroneo**; **nervio cutáneo sural lateral**; y, en la porción superior de la región, **nervio cutáneo femoral posterior**. En parte de su trayecto, la vena safena menor y el nervio sural se encuentran en el espesor de la fascia profunda de la pierna.

PIE (Fig. 24-5)

Las regiones del pie se organizan en torno a sus huesos y articulaciones. La **fascia profunda del pie** rodea los músculos del dorso y de la planta. Proximalmente se continúa con la fascia profunda de la pierna y con los retináculos del pie. La porción que rodea los músculos del dorso es la **fascia dorsal del pie** y la que envuelve los músculos de la planta se denomina **fascia plantar**, la cual, en la parte media, es muy resistente y gruesa (**aponeurosis plantar**).

El espacio comprendido entre el dorso de los huesos del pie y la fascia dorsal es la **región dorsal del pie**. El espacio comprendido entre la fascia plantar y los huesos del pie constituye la **región plantar**.

REGIÓN DORSAL DEL PIE

Plano subfascial (Figs. 15-116; 17-37)

Está constituido por los tendones de los dedos organizados en dos estratos. El *estrato profundo* lo constituye el **músculo extensor corto de los dedos** (*músculo pedio*). El *estrato superficial* lo forman el **músculo extensor largo del primer dedo** y los cuatro tendones del **músculo extensor largo de los dedos**. En la zona proximal del dorso se encuentran los tendones del **músculo tibial anterior**, en la parte medial, y **del tercer peroneo**, en la parte lateral.

Los tendones están inmersos en una fina capa de tejido celular muy laxa que facilita su deslizamiento. Los tendones extensores largos de los dedos están rodeados por desdoblamientos de la fascia dorsal.

La **arteria dorsal del pie** camina lateralmente al tendón del extensor largo del primer dedo hasta el primer espacio interóseo, donde se divide en arteria plantar profunda, que pasa a la planta del pie, y **arteria metatarsiana dorsal del primer espacio**. Cerca de su origen da la **arteria arcuata**, de la que parten las **arterias metatarsianas dorsales**.

El **nervio peroneo profundo** aparece junto a la arteria dorsal del pie y da el **ramo lateral**, que discurre bajo el músculo pedio, y el **ramo medial**, que sigue sobre el primer espacio interóseo hacia la raíz de los dedos.

Plano superficial

Un tejido subcutáneo muy poco consistente contiene, bajo una piel muy fina, la red venosa dorsal del pie y algunas ramas nerviosas cutáneas, los nervios cutáneo dorsal medial y cutáneo dorsal intermedio (ramas terminales del peroneo superficial); el cutáneo dorsal externo (rama del

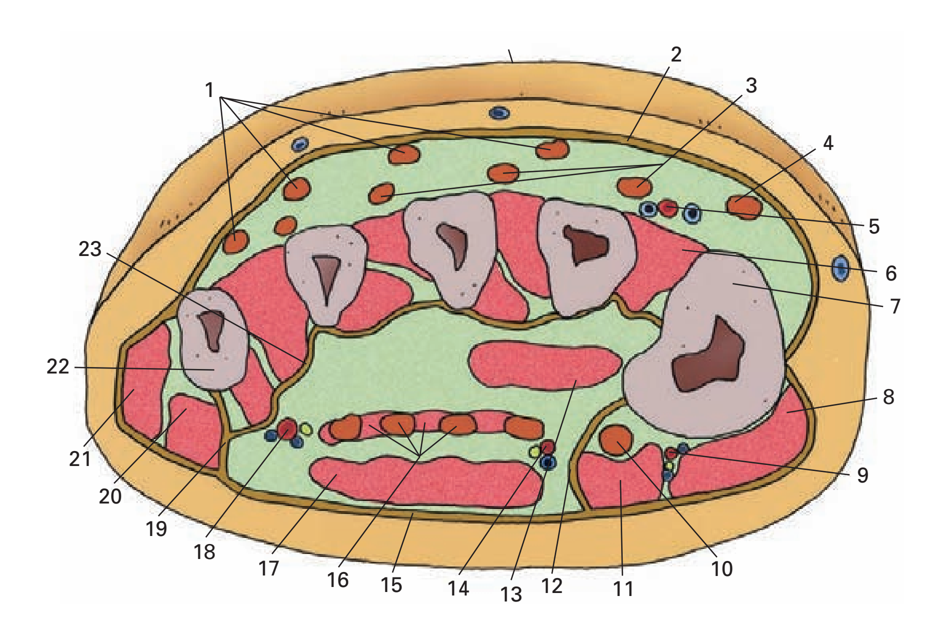


Figura 24-5. Corte transversal esquemático del pie a nivel de los metatarsianos, visión distal. 1) Tendones extensores largos de los dedos; 2) fascia dorsal del pie; 3) tendones del músculo extensor corto de los dedos; 4) tendón del extensor del primer dedo; 5) pedículo vascular dorsal del pie; 6) músculo interóseo dorsal del primer espacio; 7) primer metatarsiano; 8) músculo separador del primer dedo; 9) ramos digitales de la arteria y del nervio plantar medial; 10) tendón del flexor largo del primer dedo; 11) músculo flexor corto del primer dedo; 12) tabique plantar medial; 13) músculo aproximador del primer dedo; 14) pedículo vasculonervioso plantar medial; 15) aponeurosis plantar; 16) músculo flexor largo de los dedos y músculos lumbricales; 17) músculo flexor corto de los dedos; 18) ramos del pedículo vasculonervioso plantar lateral; 19) tabique plantar lateral; 20) músculo flexor corto del quinto dedo; 21) músculo separador corto del quinto dedo; 22) 5.º metatarsiano; 23) fascia interósea plantar.

sural) se distribuye por el borde externo del pie; existen ramos terminales del nervio safeno para el borde interno del pie.

REGIÓN PLANTAR

Compartimientos de la planta del pie

Al igual que en la palma de la mano, en la profundidad de la región plantar se encuentra el **compartimiento interóseo**, del que forman parte los metatarsianos, los músculos interóseos y vasos y nervios profundos. Este compartimiento está separado de los compartimientos plantares por una condensación de tejido conectivo, la **fascia interósea plantar**, que se extiende entre las superficies plantares de los metatarsianos.

Entre la fascia interósea plantar y la fascia plantar se disponen los compartimientos plantares.

De los márgenes de la parte media de la fascia plantar, es decir, de la **aponeurosis plantar**, parten dos tabiques fibrosos: el **tabique plantar medial** hacia el primer metatarsiano, la cuña medial y el navicular, y el **tabique plantar lateral** hacia el 5.º metatarsiano y el ligamento plantar largo. Los tabiques fibrosos delimitan tres compartimientos plantares: **compartimiento plantar medial**, **compartimiento plantar medio** y **compartimiento plantar lateral.**

Compartimiento plantar medio (Fig. 15-118; 17-38 y 17-39)

Está delimitado superficialmente por la aponeurosis plantar. Consta de tres planos musculares y un espacio vasculonervioso.

El *primer plano* muscular lo constituye el **músculo flexor corto de los dedos**, inmediatamente subyacente a la aponeurosis plantar.

El *segundo plano* lo forman, hacia atrás, el **músculo cuadrado plantar** y, más anteriormente, los **músculos flexor largo de los dedos** y los **lumbricales**. El **tendón del flexor largo del primer dedo** ocupa primero una posición medial en este compartimiento, pero en seguida perfora el tabique fibroso medial y entra en el compartimiento plantar medial.

El *tercer plano* está formado por el **músculo aproximador del primer dedo**, y, en la parte proximal, por el **tendón del peroneo largo** en su vaina fibrosa. El músculo aproximador del primer dedo está contenido en un *espacio celuloso* que le separa de los tendones flexores largos y del compartimiento interóseo.

El *espacio vasculonervioso* se dispone entre el plano del flexor corto de los dedos y el segundo plano muscular. Por él transitan los nervios y arterias plantares.

La **arteria plantar lateral** y el **nervio plantar lateral** cruzan oblicuamente entre el cuadrado plantar y el flexor corto hasta la base del quinto metatarsiano, donde cambian de dirección y dan diversas ramas.

Las porciones distales de la **arteria plantar medial** y del **nervio plantar medial** transitan entre el borde medial de los músculos flexores de los dedos y el tabique fibroso medial que los separa del compartimiento medial.

Compartimiento plantar medial

Este espacio contiene los **músculos separador del primer dedo**, **flexor corto del primer dedo** y la porción distal del **flexor largo del primer dedo**. Entre ellos discurren la **arteria plantar medial** y el **nervio plantar medial**.

Compartimiento plantar lateral

Contiene los **músculos separador corto del quinto dedo**, **flexor corto del quinto dedo** y, cuando existe, el **oponente del quinto dedo**. El separador se sitúa junto al borde lateral del pie. Por este espacio caminan **ramos digitales de los vasos y nervios plantares laterales.**

Compartimiento interóseo (15-118; 17-39)

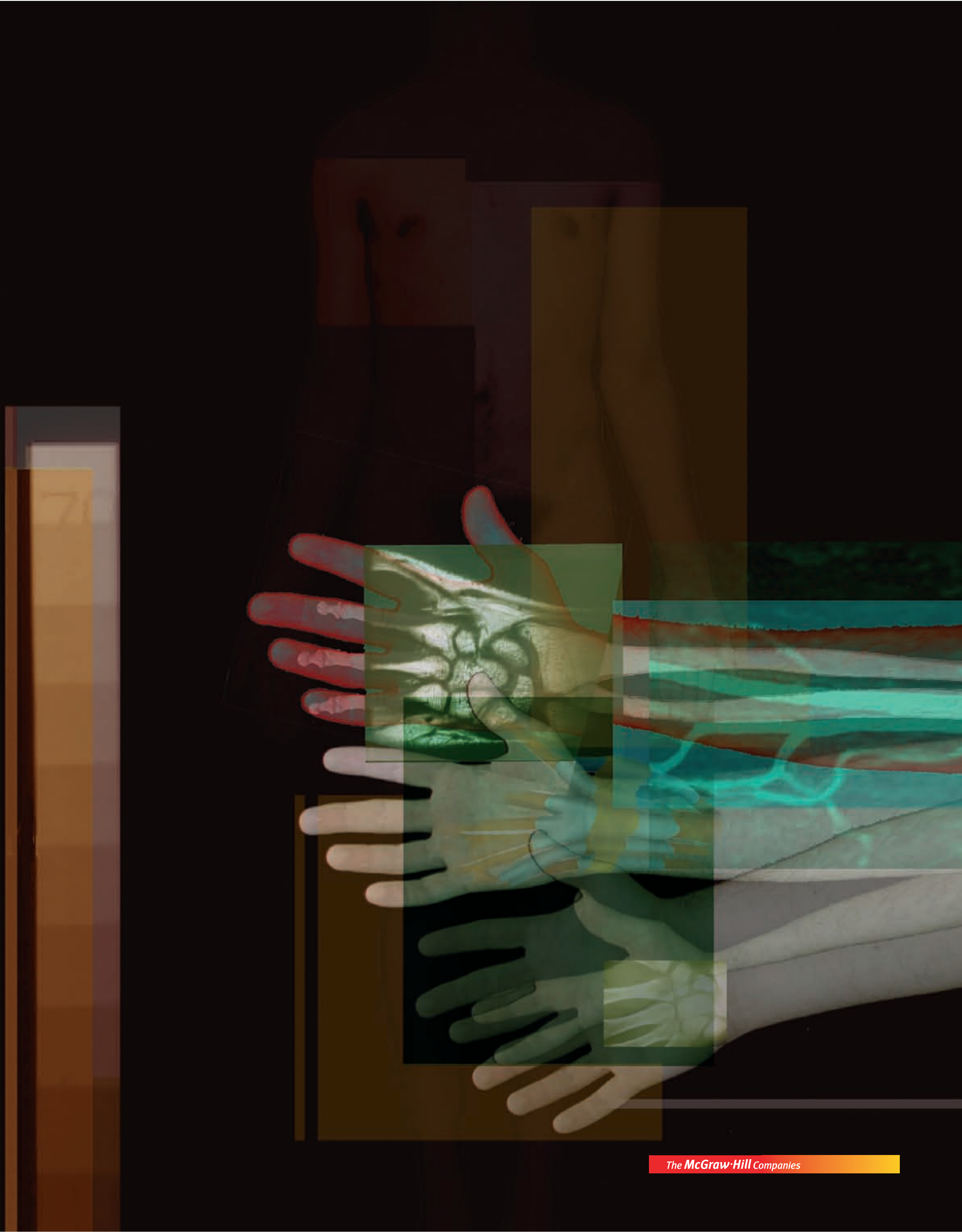
Separado de la celda plantar media por la fascia interósea plantar, este compartimiento contiene los **músculos interóseos** de los cuatro espacios e importantes vasos y nervios.

El **arco plantar**, continuación de la arteria plantar lateral, cruza transversalmente entre la fascia y los metatarsianos. Emite cuatro **arterias metatarsianas plantares** que, junto a los músculos interóseos, van hacia la raíz de los dedos.

El **ramo profundo del nervio plantar lateral** acompaña al arco plantar y emite ramos motores para numerosos músculos cortos del pie.

Guía analítica de términos clínicos

Índice


The McGraw·Hill Companies